

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
 Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Модернизация компрессорной установки путем замены аппарата воздушного охлаждения»

УДК: 621.51-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4E5A	Винила А.И.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Зиякаев Г.Р.	Доцент, к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Манабаев К. К.	к.ф.-м.н.		

Запланированные результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Приобретение <i>профессиональной эрудиции и широкого кругозора</i> в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2a) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать <i>экологические последствия</i> профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение <i>безопасных условий труда</i>	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК-15.
P3	Уметь <i>самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать <i>профессиональные инженерные задачи</i> с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3e)
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P5	Управлять <i>технологическими процессами</i> , эксплуатировать и обслуживать <i>оборудование нефтегазовых объектов</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-15)
P6	внедрять в практическую деятельность <i>инновационные подходы</i> для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать <i>индивидуально и в коллективе</i> по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК-18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)
P8	Осуществлять <i>маркетинговые исследования</i> и участвовать в создании проектов, повышающих <i>эффективность использования ресурсов</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК-19, ПК-22)
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые <i>данные</i> для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)

	<i>современных методов моделирования и компьютерных технологий</i>	
<i>в области проектной деятельности</i>		
Р11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)</i>

Реферат

Выпускная квалификационная работа 87 страниц, 18 рисунков, 25 таблиц, 20 источников.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения, компримированный газ, привод вентилятора, компрессорная установка, газокomppressorная станция.

Объект исследования: аппарат воздушного охлаждения компримированного газа.

Цель работы: исследование аппаратов воздушного охлаждения (АВО). Расчет и выбор наиболее эффективного АВО.

В результате исследования: произведен расчет и выбор аппарата воздушного охлаждения компрессорной установки по требуемым параметрам.

Область применения: Рекомендуются к применению на производстве.

Экономическая эффективность/значимость работы: применение данной работы на производстве экономически эффективно при закупке, монтаже и эксплуатации.

Оглавление	
Введение.....	7
1 Обзор литературы.....	9
2 Аппараты воздушного охлаждения.....	10
2.1 Назначение аппаратов воздушного охлаждения.....	11
2.2 Классификация АВО.....	11
2.3 Основные элементы конструкции аппаратов воздушного охлаждения.....	20
2.4 Достоинства и недостатки существующих методов оребрения труб.....	24
2.5 Принцип работы АВО.....	25
2.6 Факторы, влияющие на снижение температуры газа.....	28
2.7 Регулирование.....	29
2.8 Обслуживание АВО.....	30
3. Расчётно-конструкторская часть.....	31
3.1 Расчет теплового баланса.....	32
3.2 Коэффициент теплопередачи.....	33
3.3 Основное уравнение теплопередачи	39
3.4 Расчеты сопротивлений аппарата.....	42
3.4.1 Тепловые сопротивления.....	42
3.4.2 Аэродинамические сопротивления.....	44
3.5 Расход электроэнергии на привод вентилятора.....	44
3.6 Технологическая схема охлаждения газа.....	45
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	48
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	48
4.2 Анализ конкурентных технических решений.....	49
4.3 SWOT-анализ.....	50
4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	54

4.5 Планирование научно-исследовательских работ.....	55
4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	58
4.6 Бюджет научно-технического исследования.....	60
4.6.1 Затраты на оборудование.....	60
4.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	60
4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	63
4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	64
4.6.5 Затраты на электроэнергию.....	65
4.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	65
4.7 Определение ресурсоэффективности проекта.....	66
5. Социальная ответственность.....	71
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	72
5.2 Производственная безопасность.....	74
5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов.....	76
5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов.....	79
5.3 Экологическая безопасность.....	80
5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	82
Заключение	84
Список используемых источников.....	85
Приложение	87

Введение

Компримирование газа на газокompрессорных станциях (ГКС) приводит к повышению его температуры на выходе станции. Численное значение этой температуры определяется ее начальным значением на входе ГКС и степенью сжатия газа.

Излишне высокая температура газа на выходе станции, с одной стороны, может привести к разрушению изоляционного покрытия трубопровода, а с другой стороны - к снижению подачи технологического газа и увеличению энергозатрат на его компримирование (из-за увеличения его объемного расхода).

Определенные специфические требования к охлаждению газа предъявляются в северных районах страны, где газопроводы проходят в зоне вечномёрзлых грунтов. В этих районах газ в целом ряде случаев необходимо охлаждать до отрицательных температур с целью недопущения протаивания грунтов вокруг трубопровода. В противном случае это может привести к вспучиванию грунтов, смещению трубопровода и, как следствие, возникновению аварийной ситуации.

Охлаждение технологического газа можно осуществить в холодильниках различных систем и конструкций; кожухотрубных (типа "труба в трубе"), воздушных компрессионных и абсорбирующих холодильных машинах, различного типа градирнях, воздушных холодильниках и т.д.

Для охлаждения потока транспортируемого газа широкое распространение на ГКС получили АВО, которые имеют ряд преимуществ перед другими типами теплообменных аппаратов: не требуют предварительной подготовки теплоносителей, надёжны в эксплуатации, экологически чисты, имеют простые схемы подключения.

Аппараты воздушного охлаждения являются вспомогательным оборудованием компрессорной установки (КУ).

Виды и комплектации АВО непосредственно зависят от ряда причин, климатических условий местности, в которой используется компрессорная

установка, давления газа в трубопроводе, количества перекачиваемого газа в сутки, а также финансовой составляющей предприятия.

Актуальность данной работы заключается в том, что каждому предприятию на производстве нужно оборудование, которое будет отвечать всем требованиям работоспособности и безопасности, чтобы это осуществить, необходимо правильно рассчитывать габариты элементов, которые входят в компрессорную установку, а также правильно их подбирать, учитывая климатические условия региона, в котором данное оборудование будет использоваться.

В данной работе рассмотрено использование аппаратов воздушного охлаждения, как устройства охлаждающего газ, который циркулирует по трубам компрессорной установки.

1 Обзор литературы

Анализ литературы показывает, что ряд мероприятий государственного и отраслевого уровней направлен на применение энергосберегающих режимов эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения (АВО), широко применяющихся в нефтегазовой отрасли, на компрессорных станциях газопроводов. [16]

Использование АВО позволяет убрать из эксплуатационных затрат на теплообменное оборудование такие дорогостоящие статьи расходов как затраты на химическую подготовку и прокачку воды, борьбу с замерзанием в зимний период эксплуатации и затраты на очистку сточных вод. При этом АВО устраняет экологические проблемы, связанные со сбросом нагретых сточных вод, сточных вод загрязненных утечками нефтепродуктов, реагентами, используемыми в водоподготовительных установках и в процессе промывки теплообменного оборудования. [17]

Тем не менее, эффективность работы АВО зависит от того, насколько точно заданы параметры работы. Многие из этих агрегатов работают в климатических зонах, которые отличаются либо экстремально низкими, либо экстремально высокими температурами. И при производстве теплообменников учитываются только самые крайние температурные значения.

Соответственно, если большую часть года агрегат работает при экстремально высоких температурах, это берется как средний показатель и под него делается расчет тепловой мощности. Не учитывается, насколько неэффективно будет строиться работа агрегата в периоды, когда температура будет отличаться от заданной. [1]

2 Аппараты воздушного охлаждения

В данной главе будет рассмотрено строение, принцип работы, разновидности, условия эксплуатации, плюсы и минусы аппаратов воздушного охлаждения. Также здесь рассмотрено, каким образом происходит охлаждение компримируемого газа, который циркулирует по трубному участку АВО. Показаны схемы устройства рассматриваемых типов АВО.

Аппарат воздушного охлаждения (рис. 1) состоит из одной или нескольких теплообменных секций, установленных на металлоконструкции, вентиляторов, которые прокачивают потоки воздуха через теплообменник и приводов вентиляторов (электромоторов). Вентиляторы устанавливаются в специальных диффузорах, которые предназначены для повышения эффективности и направления воздушного потока. Диффузор вентилятора представляет собой обечайку цилиндрической формы, внутри которой размещен сам вентилятор. Теплообменная секция состоит из оребренных трубок, через которые протекает охлаждаемая среда, и коллекторов, к которым подключаются подающий и отводящий трубопроводы и которые распределяют охлаждаемую среду равномерно по трубкам теплообменника. Технологическая среда, которую требуется охладить, поступает в трубки теплообменника. Тепло передается от жидкости (газа) к трубкам, а от трубок к ребрам и далее к воздуху, который отводит тепло от теплообменника в окружающую среду.

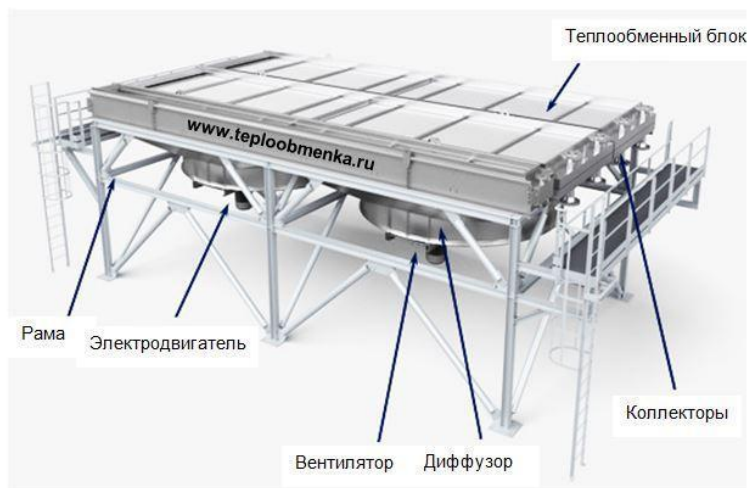


Рисунок 1 – Схема АВО

Существует два исполнения аппаратов воздушного охлаждения

- аппараты с естественной конвекцией воздуха через теплообменник;
- аппараты с принудительной циркуляцией воздуха, которая осуществляется с помощью вентиляторов.

Аппараты воздушного охлаждения с принудительной циркуляцией воздуха применяются значительно чаще, т.к. их эффективность намного выше. Теплообменники с естественной конвекцией применяются в специальных случаях, где технологические процессы требуют обеспечения небольших скоростей воздуха, например, в некоторых типах холодильных камер.

2.1 Назначение аппаратов воздушного охлаждения

Аппараты воздушного охлаждения предназначены для охлаждения и конденсации газообразных, парообразных и жидких сред в технологических процессах нефтеперерабатывающей, нефтехимической и смежных отраслях промышленности.

АВО в силу своей универсальности и экономичности имеют достаточно широкую область применения. Они работают в установках синтеза аммиака, крекинга и реформинга углеводородов, в производстве метанола, хлорорганических продуктов, в производстве метанола и многих других. В данном случае рассматривается аппарат, используемый для охлаждения газа после его компримирования.

Конструкция аппаратов, их основные параметры и размеры, а также условное обозначение должны соответствовать нормативной и конструкторской документации.

2.2 Классификация АВО

Аппараты воздушного охлаждения широко используются в составе компрессорных станций магистральных газопроводов для охлаждения газа после компримирования, а также в нефте- и газоперерабатывающей промышленности. Опыт эксплуатации АВО подтверждает высокую эффективность и надежность работы таких аппаратов. Коэффициенты теплопередачи аппаратов составляют 235-582 Вт/(мК). [2]

По способу принудительной подачи охлаждающего воздуха на теплообменную поверхность аппараты подразделяют на два вида:

- нагнетательный;
- вытяжной.

Вентиляторы нагнетают воздух на теплообменник

Взаимное расположение теплообменника и вентиляторов обеспечивает нагнетание воздушных масс на теплообменную секцию. При этом достигается высокая турбулентность воздушного потока на входе в теплообменник и как следствие более эффективная теплопередача. При горизонтальном исполнении обеспечивается легкий доступ к электромотору и вентилятору для проведения технического обслуживания, а также исключается влияние нагретого воздуха на данные элементы.

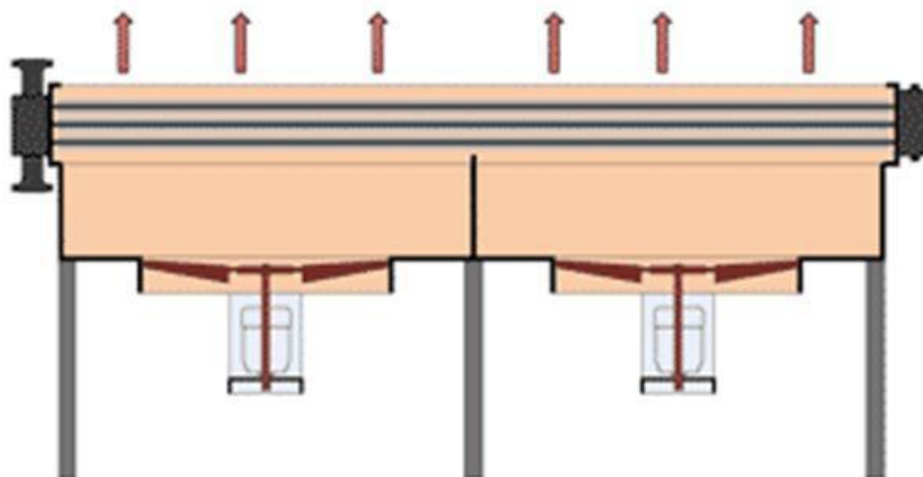


Рисунок 2 – Схема нагнетания воздуха

Однако из-за относительно небольшой скорости воздушных масс на выходе повышается вероятность рециркуляции теплого воздуха, из-за которой производительность аппарата снижается. Таким образом, для достижения необходимой производительности требуется применение более мощных вентиляторов или увеличение теплообменных поверхностей. Также важной проблемой горизонтального исполнения является незащищенность теплообменной секции и вентиляторов от воздействия природных факторов (снег, град), что ограничивает его применение в некоторых климатических зонах. [3]

Вентиляторы протягивают воздух через теплообменник

Расположение вентиляторов обеспечивает протягивание воздуха через теплообменную секцию, что обеспечивает высокие скорости воздуха на выходе и исключает вероятность рециркуляции нагретых воздушных масс. У аппаратов с горизонтальным исполнением достигается хорошая защищенность теплообменной секции от воздействия природных факторов, т.к. теплообменник расположен под кожухом и вентиляторами. [3]

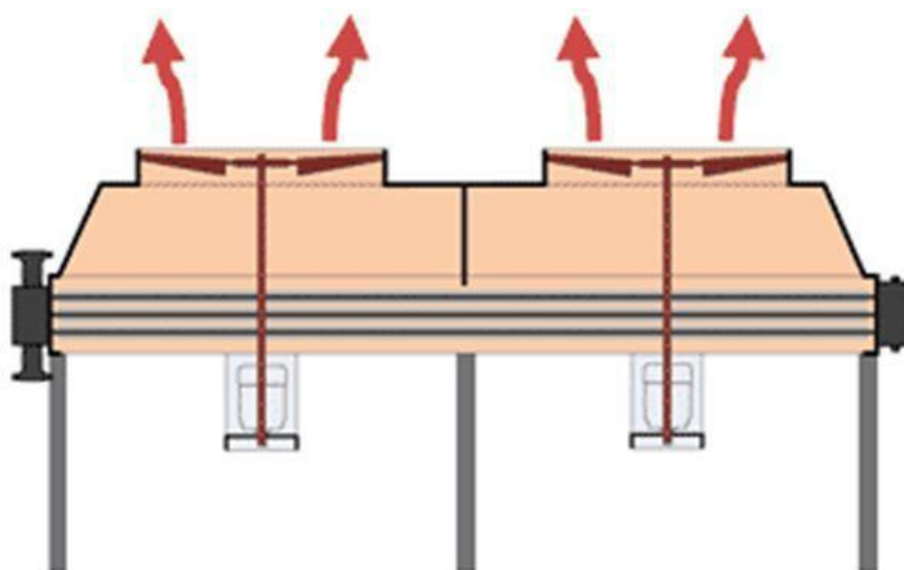


Рисунок 3 – Схема протягивания воздуха

При протягивании вентилятором воздуха через теплообменник требуется больше энергии, чем при нагнетании на теплообменник, т.к. объемный расход нагретого воздуха выше. Однако данный недостаток компенсируется благодаря более равномерному распределению воздушного потока по площади теплообменника. [3]

По расположению теплообменных секций в пространстве аппараты подразделяют на: горизонтальные, вертикальные, зигзагообразные и дельтаобразные. Стандартные аппараты воздушного охлаждения в зависимости от конструкции и назначения принято обозначать следующим образом:

АВГ - горизонтальные:

АВЗ - с зигзагообразным расположением секций;

АВГ-Т - трехконтурные;

АВМ - для малых потоков;

АВШ - шатровые.

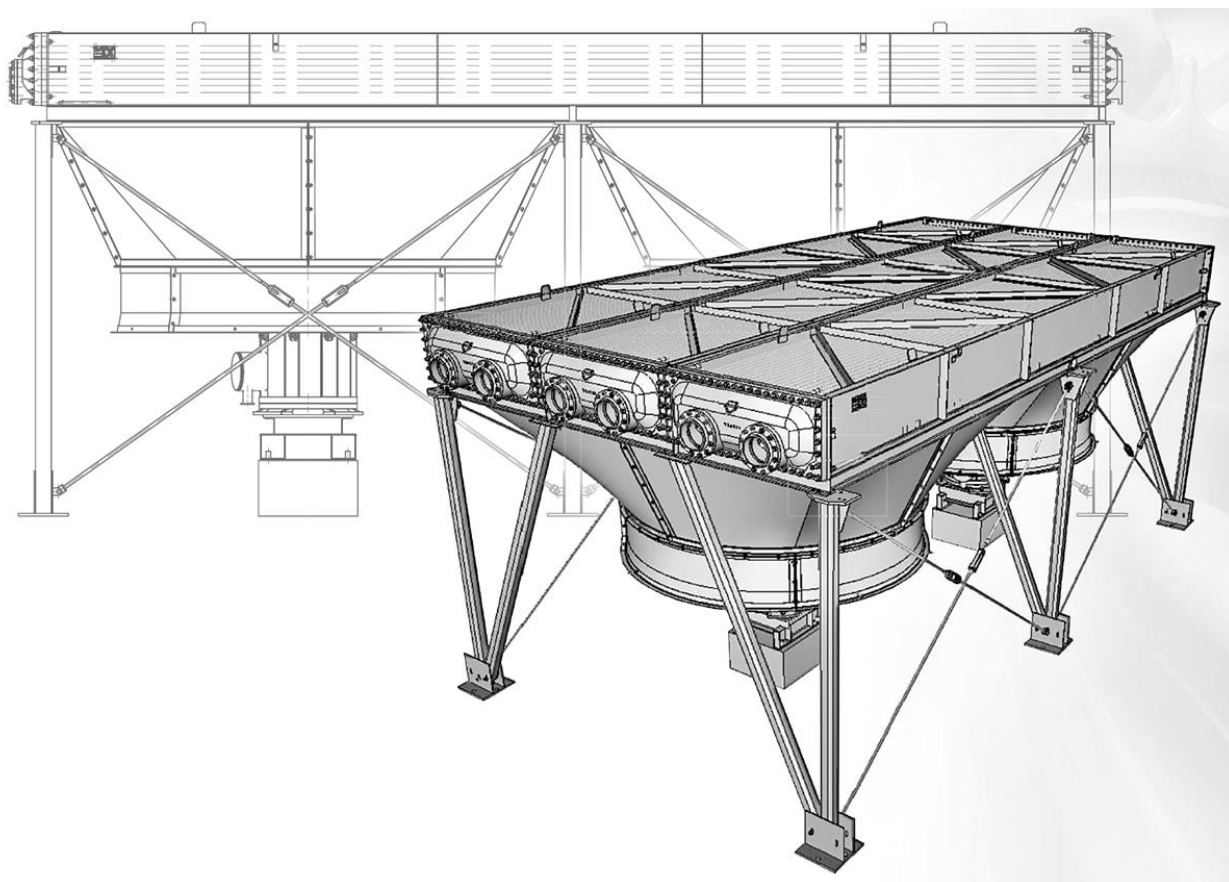


Рисунок 4 – Тип АВГ (аппарат воздушного охлаждения горизонтального типа)

Маркировка АВГ указывает на принадлежность аппарата к группе моделей, дополненных горизонтально расположенным вентилятором. Это типовая установка, используемая в сферах химической, газовой и нефтяной промышленности. Работа в суровых условиях добывающих предприятий организуется с помощью климатических модификаций – это аппарат воздушного охлаждения АВГ в исполнениях У1 и УХЛ1. Существуют и специальные версии для эксплуатации в сейсмоопасных зонах с частыми ураганами. Что касается места размещения, то аппарат этой категории устанавливается на открытой площадке – без ограничений по взрывоопасным зонам в рамках класса В-1г. В качестве опционального дополнения могут применяться электроприводные системы, увлажнители, средства для очистки

труб и оснастка для технического обслуживания. Кстати, для работы с вязкими средами используется аппарат воздушного охлаждения АВГ-В. Данная версия отличается наличием литой крышки на камере распределения и более высокой мощностью двигателя, обеспечивающего скорость прохождения среды от 2 до 10 м²/с.

Тип АВЗ

Аппараты зигзагообразного типа, которые можно применять для охлаждения и конденсации паровых, жидкостных и газовых продуктов. Конструкция формируется шестью трубными секциями, в свою очередь, скомпонованными биметаллическими оребренными трубами. Как видно из названия, особенностью данного вида охладительных аппаратов являются элементы зигзагообразной формы. В такой конфигурации выполняется размещение трубных секций под острым углом относительно друг друга и к несущей площадке. На практике эксплуатации аппарат воздушного охлаждения АВЗ обеспечивает более эффективное воздействие воздушных потоков на рабочие поверхности. Объясняется это именно спецификой организации межтрубного пространства секций, в которых формируются вихревые потоки циркулирующего воздуха. Системы АВЗ также могут дополняться вспомогательным оборудованием, среди которого устройства рециркуляции нагретого воздуха.

Тип АВМ

С точки зрения функционального наполнения это универсальный аппарат, способный обслуживать все распространенные охлаждаемые среды. Техничко-эксплуатационной особенностью представителей этой группы является монопоточность, обеспечиваемая единственным теплообменным блоком. Для его изготовления используется стандартный набор биметаллических сплавов, причем трубы могут устанавливаться горизонтально или вертикально. В качестве опционального наполнения для подобных моделей предлагается защитный каркас к электродвигателю. В случае если применяется аппарат воздушного охлаждения газа, пожаро- и

взрывоопасные риски должны минимизироваться разными способами – в том числе посредством усиления рабочей начинки.

Тип БМ



Рисунок 5 - Тип БМ (аппарат воздушного охлаждения блочно-модульного типа)

Самая нестандартная конструкция в общем сегменте АВО, которая представляет собой блочно-модульный агрегат. Специфика устройства в данном случае выражается объединением функциональных элементов в один корпус. Вентилятор устанавливается не как отдельный прибор, который служит для обеспечения сторонней циркуляции воздуха, а как непосредственная часть блока наряду с теплообменниками и распределителями. Из этого вытекают и эксплуатационные особенности, которые устанавливает ГОСТ. Аппараты воздушного охлаждения БМ в соответствии с нормативами раздела 51364-99 должен иметь мощность порядка 10 кВт и скорость вращения на уровне 750 об/мин. Как видно, по сравнению с обычными аппаратами данная разновидность отличается скромными показателями электродвигателя, но зато имеет высокие обороты вентиляционной установки. [2]

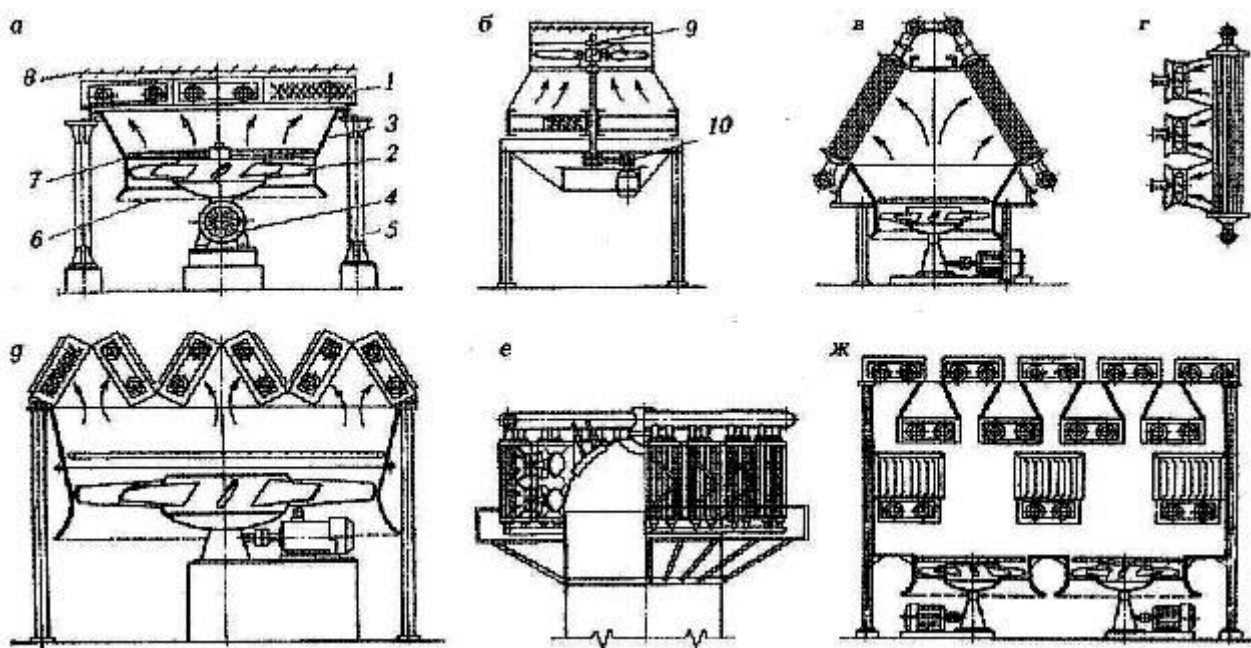


Рисунок 6 - Аппараты воздушного охлаждения:

а, б — горизонтальные соответственно с нижним и верхним размещением вентилятора; в — шатровый; г — вертикальный; д — зигзагообразный; е — на вершине ректификационной колонны; ж — трехконтурный; 1 — секция трубчатая; 2 — колесо вентилятора; 3 — диффузор; 4 — электродвигатель; 5 — колонна; 6 — решетка ограждающая; 7 — коллектор впрыска химически очищенной воды; 8 — жалюзи; 9 — механизм регулирования угла поворота лопастей; 10 — клиноременная передача

По условиям эксплуатации аппараты могут быть снабжены дополнительными устройствами, обеспечивающими рециркуляцию нагретого в теплообменных секциях воздуха, для предотвращения переохлаждения продукта в зимнее время. По этому признаку аппараты подразделяют следующим образом:

- а) без рециркуляции (рис. 7);
- б) с внутренней рециркуляцией через соседний вентилятор (рис. 8);
- в) с внешним коробом для рециркуляции (рис. 9).

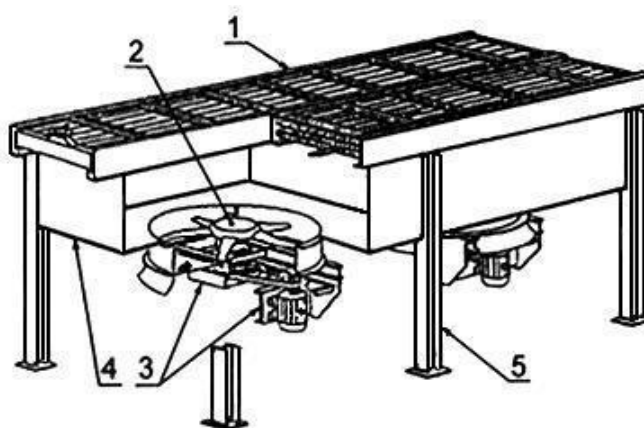


Рисунок 7 – Аппарат воздушного охлаждения без рециркуляции

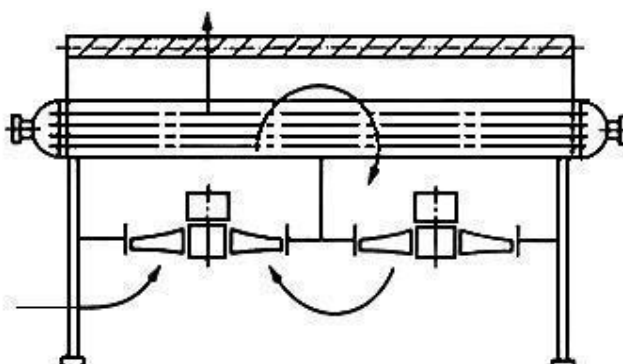


Рисунок 8 – Аппарат воздушного охлаждения с внутренней рециркуляцией

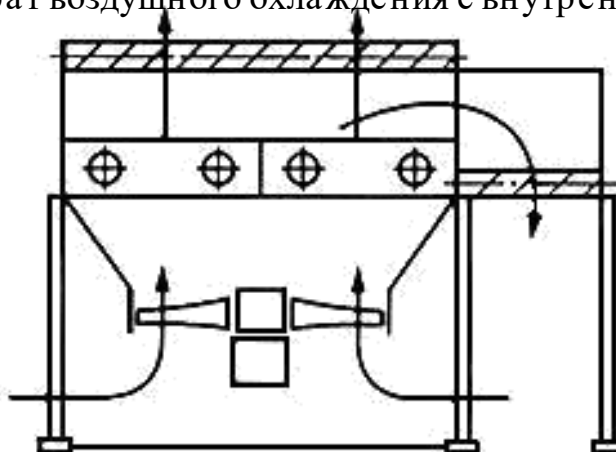


Рисунок 9 – Аппарат воздушного охлаждения с внешней рециркуляцией

В зависимости от конструкции камер теплообменных секций аппараты могут быть:

- с разъемными камерами на давление до 6,3 МПа;
- с цельносварными камерами с пробками на давление до 10 МПа;

- с трубчатыми камерами на давление свыше 10 МПа.

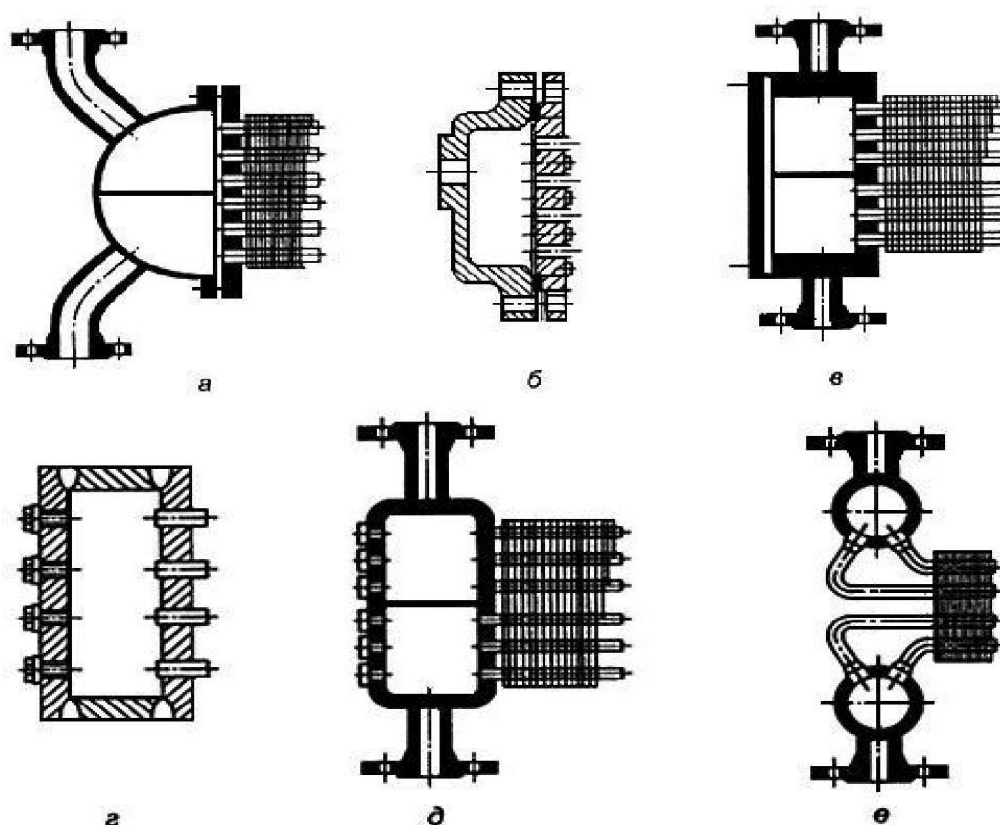


Рисунок 10 - Основные типы камер теплообменных секций

На рисунке 10 буквами обозначены: а, б, в - разъемные камеры на давление до 6,3 МПа; г, д - цельносварные камеры с пробками на давление до 10,0 МПа; е - трубчатые камеры на давление свыше 10,0 МПа

Дополнительно аппараты могут быть оснащены:

- увлажнителем воздуха, необходимым для снятия пиковых нагрузок в летнее время;
- подогревателем воздуха, устанавливаемым перед теплообменной секцией в потоке воздуха;
- подогревателем продукта типа «труба в трубе», конструктивно объединенным с трубным пучком теплообменной секции;
- жалюзийным устройством;
- приводами изменения угла наклона лопаток жалюзи и лопастей вентилятора.

2.3 Основные элементы конструкции аппаратов воздушного охлаждения

Основным элементом аппаратов охлаждения являются теплообменные секции, теплообменную поверхность которых komponуют из оребренных труб, закрепленных в трубных решетках в четыре, шесть либо восемь рядов. Трубы обычно располагают по вершинам равностороннего треугольника, так как коридорное расположение обеспечивает намного более низкую теплоотдачу. К трубным решеткам присоединены крышки, внутренняя полость которых служит для распределения охлаждаемого потока жидкости по трубам. По сторонам секций установлены боковые рамы, которые удерживают трубы, трубные решетки и крышки в определенном положении. Секции располагают горизонтально, вертикально или наклонно, что определяет тип АВО.

Охлаждение различных жидких теплоносителей воздухом было бы экономически невыгодно, если бы в трубных секциях устанавливались обычные гладкие трубы: невысокая скорость охлаждающего потока в сочетании с невысокой плотностью и теплопроводностью воздуха обуславливают небольшие значения коэффициентов теплоотдачи со стороны воздуха. Относительно низкие коэффициенты теплоотдачи со стороны воздуха по сравнению с коэффициентами для охлаждаемых или конденсируемых жидкостей могут быть частично компенсированы развитием поверхностей со стороны воздуха. Такая возможность появляется, если использовать оребренные трубы, площадь наружной поверхности которых в 10 – 25 раз больше площади их внутренней поверхности. [2]

Форма ребер может быть различной (рис. 11), причем могут использоваться ребра для труб, объединенных в группы по две, три трубы и более [15].

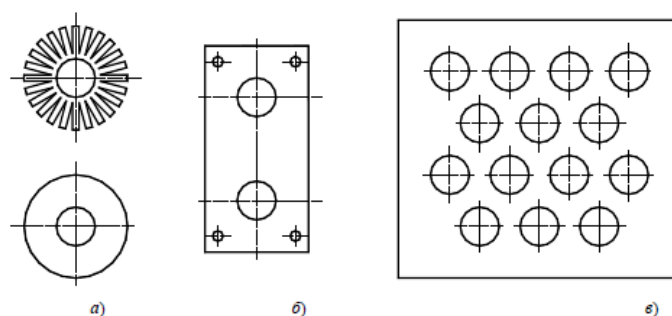


Рисунок 11 - Различная геометрия ребер: а – круглые ребра; б – прямоугольные ребра; в – прямоугольные ребра для пучков труб

Оребрение может изготавливаться различными способами: навивкой ленты в виде спирали вокруг трубы, запрессовкой пластин круглой или прямоугольной формы в неглубокие пазы на наружной поверхности трубы, приваркой или пайкой ребер, или стерженьков к трубе. Однако во всех приведенных случаях наблюдается ухудшение сцепления ребра с поверхностью трубы из-за явлений коррозии, особенно если ребра и основная труба изготовлены из разных материалов. Кроме того, указанные способы установки ребер характеризуются высокой трудоемкостью.

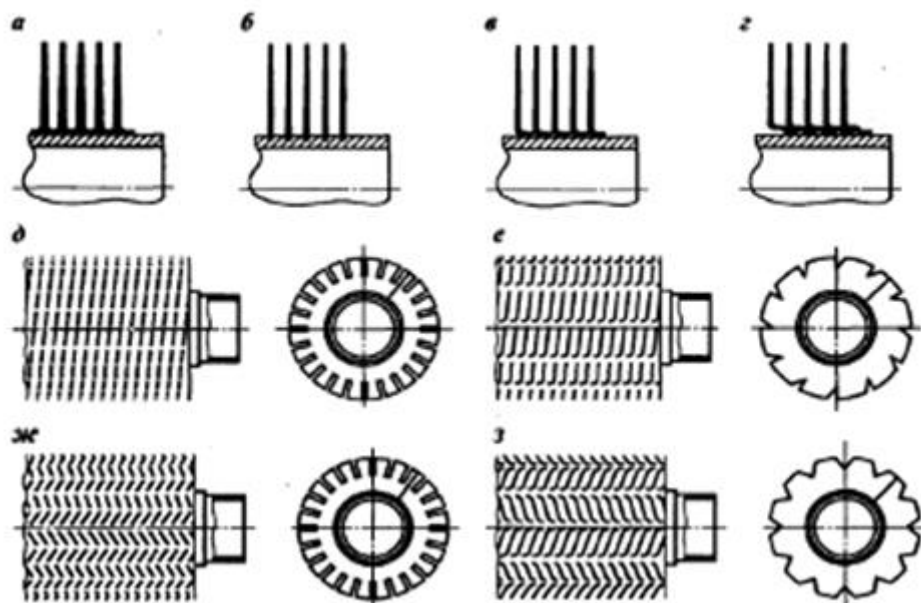


Рисунок 12 - Способы крепления и виды оребрения на трубах.

а - трубы с накатанным оребрением; б - с завальцованным оребрением; в - L-обертка; г - двойная ступенчатая L-обертка; д - трубы с накатанным оребрением с разрезными ребрами; е - с накатанным

оребрением с разрезными ребрами формы «полуинтеграл»; ж - с накатанным оребрением с разрезными ребрами зигзагообразной формы; з - с накатанным оребрением с разрезными ребрами формы «интеграл»

В настоящее время наиболее практичными и технологичными являются оребренные трубы, изготавливаемые из сплошной толстостенной трубы (как правило, из алюминия или алюминиевых сплавов), подвергнутой механической обработке. Ребра нарезаются при пропускании трубы через ряд формовочных дисков. Процесс оребрения труб методом поперечно-винтового накатывания (в основном с помощью станков ХПРТ) имеет высокую производительность, хорошо поддается механизации и автоматизации. [14] Оребрение другими способами не превышает 10 – 15% объема производства.

Основной характеристикой трубы является коэффициент оребрения $K_{ор}$, представляющий собой отношение площадей наружных поверхностей оребренной и неоребрённой труб:

$$K_{ор} = \frac{F_{тр}}{F_{нар}},$$

где $F_{тр}$ – полная наружная поверхность оребренной трубы, m^2 ; $F_{нар}$ – условная наружная поверхность трубы, m^2 ; $F_{нар} = L\pi d_{нар}$; $d_{нар}$ – условный наружный диаметр трубы, измеренный по основанию ребер, m ; L – длина оребренной части трубы, m .

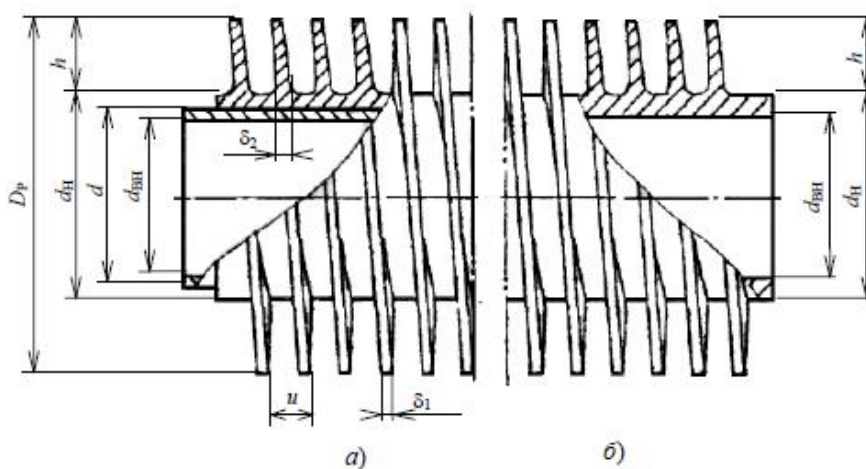


Рисунок 13 - Геометрические параметры оребренной трубы: а – биметаллическая труба; б – монометаллическая труба

Трубы для стандартизованных отечественных аппаратов воздушного охлаждения имеют наружное оребрение двух типов исполнения.

Это:

- биметаллическая труба, состоящая из внутренней гладкой (стальной или латунной) и наружной (алюминиевой) с накатанным винтовым ребром исполнение Б;

- монометаллическая (алюминиевая) труба с накатанным винтовым (спиральным) ребром исполнение М.

Вторым необходимым элементом любого типа АВО является вентилятор, который, вращаясь в полости коллектора, нагнетает воздух через межтрубное пространство секций. Значительные расходы воздуха в аппаратах воздушного охлаждения при сравнительно небольших статических напорах (100 - 400 Па) обеспечиваются осевыми вентиляторами с числом лопастей 4, 3, 6, 8 и диаметром 0,8 - 6,0 м. Лопasti вентилятора закрыты цилиндрическим коллектором, служащим для лучшей организации движения воздушного потока. Коллектор соединяется с теплообменными секциями посредством диффузора, форма которого способствует выравниванию потока воздуха по сечению теплообменной секции. Диффузор и коллектор вентилятора крепятся к раме, на которой установлены теплообменные секции. Осевой вентилятор с приводом смонтирован на отдельной раме.

Опорные конструкции, на которых монтируются элементы аппарата, выполняются металлическими или железобетонными. Они включают продольные и поперечные опорные балки, выполняемые, как правило, из стандартных двутавров; стойки - обычно отрезки стандартных труб на опорных пластинах; косынки и ребра жесткости. Стойки смонтированы на фундаменте и закреплены на нем анкерными болтами. [2]

2.4 Достоинства и недостатки существующих методов оребрения труб

Описанные выше существующие методы можно подразделить на механическое оребрение, то есть не имеющие сварного контакта между трубой и ребром, и оребрение при помощи сварки. Механическое оребрение АВО связывают такие качества как простота и бюджетность, так как не требует высоких энергозатрат. С другой стороны, можно столкнуться с плохим качеством готовой продукции, связанное с неупругой деформацией ребер, к которой ведет отсутствие сварного соединения между ребром и трубой. Также сложность процесса состоит в том, что необходимо следить за точностью геометрических параметров получаемых заготовок, не соблюдение которых может привести к отсутствию физического контакта между лентой и трубой. К тому же при температурных колебаниях теряются механические свойства АВО, что делает их неэффективными. Это ведет к необходимости использования дополнительных технологических операций и затрат. Тем самым оставляя процесс механического оребрения малопродуктивным. Кроме метода навивки, который не отстает качеством готовой продукции от метода ТВЧ. Методы оребрения имеющие сварное соединение являются более высокопроизводительными процессами, и отличаются более надежными сварными соединениями с требуемыми прочностными свойствами [19, 20]. В результате чего улучшаются теплообменные свойства АВО. Однако существенным недостатком является образование грат (избыточного материала) в месте сварного соединения, что может дополняться химическими процессами, при использовании разнородных металлов. К тому же значительным недостатком является влияние зоны термического влияния (ЗТВ), распространение которой по несущей трубе приводит к сложности получения качественного соединения.

2.5 Принцип работы АВО

По принципу работы АВО представляют собой рекуперативные теплообменники, состоящие из 2-х основных частей: поверхности охлаждения и системы подачи воздуха, включая приводы вентиляторов. Охлаждаемым теплоносителем является сжатый до высокого давления природный газ, движущийся внутри трубок малого диаметра. Данные трубки имеют внешнее оребрение с целью интенсификации теплообмена и обтекаются охлаждающим теплоносителем, в качестве которого выступает нагнетаемый вентиляторами атмосферный воздух. По этим трубкам теплообменной секции пропускают транспортируемый газ, а через межтрубное пространство теплообменной секции с помощью вентиляторов, приводимых во вращение от электромоторов, прокачивают наружный воздух. За счет теплообмена между нагретым (при компремировании) газом, движущимся в трубах, и наружным воздухом, движущимся по межтрубному пространству, и происходит охлаждение технологического газа на КС.

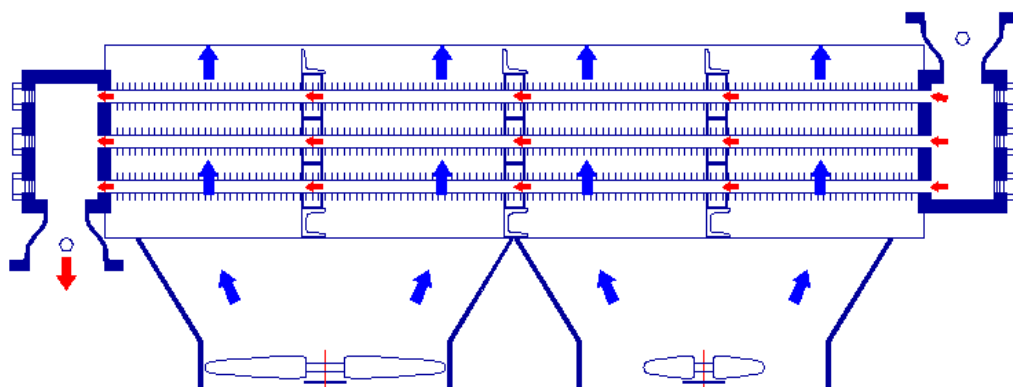


Рисунок 14 - Схема работы аппарата воздушного охлаждения.

Оребренные трубки аппарата обычно разделены на несколько групп, называемых секциями. Каждый АВО, в зависимости от типа, может иметь от 1-го до 6-ти вентиляторов. На КС аппараты воздушного охлаждения обычно объединяются в станции, в рамках которых несколько соединенных параллельно аппаратов АВО образуют блок.

2.6 Факторы, влияющие на снижение температуры газа

Опыт эксплуатации АВО на КС показывает, что снижение температуры газа в этих аппаратах можно осуществить примерно на 15-25 °С. Одновременно, опыт эксплуатации указывает на необходимость и экономическую целесообразность наиболее полного использования установок охлаждения газа на КС в годовом цикле эксплуатации, за исключением тех месяцев года с весьма низкими температурами наружного воздуха, когда включение всех аппаратов на предыдущей КС приводит к охлаждению транспортируемого газа до температуры, которая может привести к выпадению гидратов. Обычно это относится к зимнему времени года.

При проектировании компрессорной станции количество аппаратов воздушного охлаждения выбирается в соответствии с отраслевыми нормами ОНТП51-1-85. На основании этих норм температура технологического газа на выходе из АВО не должна превышать среднюю температуру наружного воздуха более чем на 15-20 °С.

Уменьшение температуры технологического газа, поступающего в газопровод после его охлаждения в АВО, приводит к уменьшению средней температуры газа на линейном участке трубопровода и, как следствие, к снижению температуры и увеличению давления газа на входе в последующую КС. Это, в свою очередь, приводит к уменьшению степени сжатия на последующей станции (при сохранении давления на выходе из нее) и энергозатрат на компремирование газа по станции. [2]

Очевидно также, что оптимизация режимов работы АВО должна соответствовать условию минимальных суммарных энергозатрат на охлаждение и компремирование газа на рассматриваемом участке работы газопровода.

Следует также отметить, что аппараты воздушного охлаждения газа являются экологически чистыми устройствами для охлаждения газа, не требуют расхода воды, относительно просты в эксплуатации. В эксплуатации применяются следующие типы (табл. 1) АВО газа: 2АВГ-75, АВЗД, фирм "Нуово Пиньоне" и "Крезолуар".

Таблица 1 - Типы АВО

Показатель	Един. измер.	Тип АВО		
		2АВГ - 75	«Пейя»	Хадсан - Итальяно
Массовый расход газа, $\cdot 10^3$	$\frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	196	209	196,9
Рабочее давление	МПа	7,36	7,36	7,36
Коэффициент теплопередачи	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ К}}$	23	22	25
Поверхность теплопередачи	м^2	9930	9500	10793
Число ходов газа		1	1	1
Общее число труб		540	476	582
Длина труб	м	12	11	11,2
Внутренний диаметр труб	мм	22	22	21,2
Сумма коэффициентов местных сопротивлений		5,0	5,5	5,8
Количество вентиляторов		2	6	2
Производительность вентиляторов, $\cdot 10^3$	$\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$	820	800	564,5
Напор вентиляторов	Па	16	16	7,2
Мощность вентиляторов	кВт	74	105,6	44

В настоящее время установки охлаждения транспортируемого газа являются одним из основных видов технологического оборудования КС.

АВО более просты в эксплуатации, по сравнению с кожухотрубчатыми теплообменниками. Наружные поверхности труб в процессе работы почти не загрязняются, поэтому уменьшаются трудоемкие ремонтные работы, кроме того отсутствуют затраты на подготовку и перекачку воды. Эксплуатация АВО более безопасна, потому что даже при внезапном выходе из строя вентилятора будет обеспечен съем тепла за счет естественной конвекции (25-30% от необходимого съема тепла). В этих условиях можно проводить нормальную безаварийную установку аппарата и всей этой установки.

Для обеспечения необходимой степени охлаждения в аппарате можно регулировать расход воздуха и его температуры. Для регулирования расхода предусмотрен механизм поворота лопастей вентилятора или жалюзи, установленных над теплообменной секцией. Для регулирования температуры предусмотрены водяные форсунки, установленные под вентилятором. В процессе работы возможно повреждение поверхности труб или ребер. Это может произойти вследствие попадания твердых частиц в поток нагнетаемого воздуха. Чтобы избежать этого, на линии нагнетания предусмотрена установка предохранительной сетки. В процессе работы необходимо следить за ее целостностью и при необходимости заменять новой. Поскольку трубные решетки закреплены достаточно жестко, то в процессе работы могут возникнуть температурные деформации или разность температуры рабочей среды и воздуха. Для компенсации температурных напряжений при креплении трубной решетки используется шпилька с регулируемой гайкой, чтобы можно было ослабить крепление, если это необходимо.

2.7 Регулирование

В связи с переменным характером нагрузки аппарата, зависящей от технологического режима, температуры и влажности воздуха, вентиляторы должны иметь возможность регулирования расхода воздуха в широком диапазоне.

Система регулирования должна обеспечивать требования технологии независимо от изменения режима работы вентилятора.

Регулирование расхода воздуха производится несколькими способами:

- 1) изменением расхода охлаждающего воздуха, подаваемого в теплообменные секции;
- 2) подогревом воздуха (в зимний период) на входе в АВО;
- 3) перепуском части технологического потока по байпасным линиям через регулирующие клапаны;
- 4) увлажнением охлаждающего воздуха и поверхности теплообмена, позволяющим снизить температуру охлаждающего воздуха при высокой его температуре в летний период.

Наиболее распространенным способом регулирования является изменение расхода охлаждающего воздуха, которое осуществляется:

- путем использования двухскоростных электродвигателей, что позволяет иметь две локальные величины расхода воздуха и третью - минимальную величину при остановленном вентиляторе (в зимний период при низкой температуре окружающего воздуха аппарат может работать с отключенным вентилятором, при этом охлаждение продукта происходит за счет естественной конвекции). Данный способ является наиболее практичным и экономичным;

- путем плавного регулирования скорости вращения вентилятора применением электродвигателя с переменным числом оборотов, гидропривода, гидромуфта, вариатора, коробки скоростей и т.д.;

- путем регулирования угла поворота лопасти вентилятора. Изменение угла производится вручную при остановленном вентиляторе

переустановкой каждой лопасти отдельно или автоматически при использовании пневматического или электромеханического привода. Ступенчатое изменение угла поворота лопастей с остановкой вентилятора предусматривают для сезонного регулирования. Автоматическое регулирование позволяет поддерживать выходную температуру охлаждаемого продукта с точностью до $\pm 1^{\circ}\text{C}$;

- установкой специальных жалюзийных устройств, располагаемых как до вентилятора, так и после теплообменных секций. Жалюзийные устройства могут снабжаться ручным или пневматическим приводом. При повороте жалюзийных элементов уменьшается расход воздуха и увеличивается диапазон рабочих режимов, но при этом такое регулирование сопровождается снижением КПД вентилятора.

2.8 Обслуживание АВО

Каждый раз перед запуском оборудования должна проверяться его физическая целостность, состояние узлов соединения, электротехническая оснастка и т. д. Особое внимание уделяется вентилятору – он должен быть сбалансирован динамической методикой. Далее в регулярном порядке должны проверяться углы поворота его лопастей, привод и подключение к сети. Как правило, ремонт аппарата воздушного охлаждения реализуется посредством замены и восстановления отдельных деталей, или же сварочными мероприятиями. Независимо от плана работ, не рекомендуется использовать в ходе ремонта электротехнические приборы и инструменты, работающие с напряжением порядка 36 В и более. Также следует отслеживать состояние теплообменника и силовой установки на предмет переохлаждения. Этот нюанс актуален в зимнее время, когда установки редко вводятся в активную фазу эксплуатации. Чтобы исключить промерзание аппаратов, следует использовать морозостойкие добавки, жидкости и омыватели поверхностей.

3. Расчётно-конструкторская часть

Целью расчета теплообменного аппарата является определение его геометрических размеров, тепловых и конструктивных показателей для конкретных технологических условий.

Исходными данными для расчета являются расход и температуры охлаждаемого или конденсируемого теплоносителя, теплофизические свойства теплоносителя, включая данные по фазовому переходу (если он происходит).

Исходные данные:

Место расположения аппарата: Томская область, НГКМ Х.

Наименование рабочей среды: природный газ.

№п/п	Наименование показателя	Единица измерений	Результат испытаний
1	Молярная доля кислорода (O_2)	% мол.	0,52
2	Молярная доля диоксида углерода (CO_2)	% мол. кг/м ³	0,43
3	Молярная доля азота (N_2)		2,9
4	Молярная доля этана (C_2H_6)		5,18
5	Молярная доля пропана (C_3H_8)		19,9
6	Молярная доля изо-бутана ($i-C_4H_{10}$)		более 10,0
7	Молярная доля н-бутана (C_4H_{10})		более 10,0
8	Молярная доля нео-пентана (нео- C_5H_{12})		0,17
9	Молярная доля изо-пентана ($i-C_5H_{12}$)		более 5,0
10	Молярная доля н-пентана (C_5H_{12})		более 3,0
11	Молярная доля гексанов (C_6H_{14})		более 2,0
12	Молярная доля гептанов (C_7H_{16})		0,20
13	Молярная доля октанов (C_8H_{18})		менее 0,020
14	Молярная доля метана (CH_4)		11,70
15	Плотность газа при стандартных условиях		1,210
16	Теплота сгорания низшая	МДж/ м ³	более 52,5

Давление пробное:

$$P_{пр} = 10,49 \text{ МПа.}$$

Давление рабочее:

$$P_p = 8,3 \text{ МПа.}$$

Температура теплоносителя на входе:

$$t_1 = 61 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Температура теплоносителя на выходе:	$t_2 = 19\text{ }^{\circ}\text{C}.$
Температура воздуха на входе:	$t_{1в} = 20,8\text{ }^{\circ}\text{C}.$
Температура воздуха на выходе:	$t_{2в} = 27,6\text{ }^{\circ}\text{C}.$
Количество охлаждаемого продукта:	$V = 400000\text{ м}^3/\text{ч}.$
Количество используемого воздуха:	$V_{в} = 120000\text{ м}^3/\text{ч}.$

Расчетные данные:

По таблице 1 выбираем:

Коэффициент оребрения:	$\varphi = 20.$
Диаметр трубы у основания рёбер:	$d_{н} = 27\text{ мм}.$
Диаметр основной трубы:	$d = 25\text{ мм}.$
Внутренний диаметр трубы:	$d_{вн} = 21\text{ мм}.$
Шаг рёбер:	$U = 2,5.$
Количество рёбер на 1 м трубы:	$400 \pm 5.$
Высота рёбер:	$h = 15\text{ мм}.$

Используемые в расчетах константы:

Теплопроводимость воздуха:	$\lambda_{в} = 24,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}.$
Теплопроводимость природного газа:	$\lambda = 34 \cdot 10^{-3} \text{ В} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{град}}.$
Кинематическая вязкость воздуха:	$\nu_{в} = 1,51 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$
Кинематическая вязкость природного газа:	$\nu = 5,18 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$
Плотность воздуха:	$\rho_{в} = 1,2045 \text{ кг}/\text{м}^3.$
Плотность природного газа:	$\rho = 1,210 \text{ кг}/\text{м}^3.$
Удельная теплоёмкость воздуха:	$C_{в} = 1,005 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}.$
Удельная теплоёмкость природного газа:	$C = 2,22 \text{ кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}.$
Поверхность корпуса аппарата, контактирующая с воздухом:	$F_{\text{корп}} = 9930 \text{ м}^2.$

Большая и меньшая разность температур между теплоносителями на концах теплообменника:

$$\Delta t_6 = t_1 - t_{1в} = 61^{\circ} - 20,8^{\circ} = 40,2\text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta t_6 = t_{2B} - t_2 = 27,6^\circ - 19^\circ = 8,6^\circ \text{C}.$$

3.1 Расчет теплового баланса

Основными уравнениями теплового расчета АВО являются уравнение теплового баланса и основное уравнение теплопередачи. Оба эти уравнения решаются совместно, причем для определения тепловой нагрузки применяется уравнение теплового баланса, а для определения поверхности теплообмена служит основное уравнение теплопередачи.

Рассчитаем тепловую нагрузку:

$$Q = V \cdot \rho \cdot C \cdot (t_1 - t_2).$$

Если считать, что тепло передается воздуху, и учитывать потери тепла в окружающую среду, тогда:

$$Q = Q_B - Q_{\text{пот}}.$$

1. При передаче тепла воздуху:

$$Q = V_B \cdot \rho_B \cdot C_B \cdot (t_{2B} - t_{1B}) = 120000 \cdot 1.2045 \cdot 1.005 \cdot (27.6 - 20.8) = 9.878 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{ч}}.$$

2. Рассчитаем средние температуры теплоносителя и воздуха:

$$t_{\text{вср}} = \frac{(t_{1B} + t_{2B})}{2} = \frac{(20,8^\circ + 27,6^\circ)}{2} = 24,2^\circ;$$

$$t_{\text{ср}} = \frac{(t_1 + t_{2B})}{2} = \frac{(19^\circ + 61^\circ)}{2} = 40^\circ \text{C}.$$

3. Рассчитываем температуру стенки:

$$t_{\text{ст}} = \frac{(t_{\text{вср}} + t_{\text{ср}})}{2} = \frac{(24,2^\circ + 40^\circ)}{2} = 32,1^\circ \text{C}.$$

4. Рассчитываем потери тепла в окружающую среду:

$$\begin{aligned} Q_{\text{пот}} &= 1,16 \cdot (8 + 0,05 \cdot t_{\text{ст}}) \cdot F_{\text{корп}} \cdot (t_{\text{ст}} - t_{1B}) \\ &= 1,16 \cdot (8 + 0,05 \cdot 32,1) \cdot 9930 \cdot (32,1 - 20,8) = 1,25 \cdot 10^6 \text{ Дж/ч}. \end{aligned}$$

5. Из таблицы №2 выбираем подходящую величину теплонапряженности аппарата воздушного охлаждения:

$$q = 5600 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}.$$

6. Определяем необходимую теплопередающую поверхность аппарата:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{2.238 \cdot 10^6}{5600} = 399.642 \text{ м}^2.$$

7. По таблице №3 подбираем конкретный аппарат воздушного охлаждения (тип, количество рядов труб в секции, количество ходов по трубам, давление, коэффициент оребрения труб, коэффициент увеличения поверхности).

Полностью удовлетворяет искомым эксплуатационным условиям аппарат 2АВГ – 100:

Коэффициент оребрения:	$\phi = 20$
Давление условное:	$P_{\text{усл}} = 10 \text{ МПа}$
Число секций:	3 шт
Число рядов труб:	$Z = 6$
Число ходов по трубам:	1
Длина труб:	8 м
Количество рядов вентиляторов:	2 шт
Теплопередающая поверхность аппарата:	$421,6 \text{ м}^2$

3.2 Коэффициент теплопередачи

1. В общем виде коэффициент теплопередачи определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \Sigma \frac{1}{R_{\text{загр}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,822} + 0,63 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{0,621}} = 0,354,$$

где

коэффициент теплоотдачи со стороны продукта:

$$\alpha = 0,822 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха:

$$\alpha_{\text{в}} = 0,621 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

Сумма тепловых сопротивлений материала стенки и загрязнений со стороны продукта и воздуха:

$$\Sigma \frac{1}{R_{\text{загр}}} = 0,63 \cdot 10^{-4}.$$

Коэффициент теплоотдачи от продукта:

1. Рассчитаем число Рейнольдса для определения режима движения продукта в трубах:

$$Re = \omega_{\text{п}} \frac{d_{\text{н}}}{\vartheta_{\text{в}}} = 3,858 \frac{0,027}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 6,898 \cdot 10^3;$$

$$Re_{\text{уз}} = \omega_{\text{уз}} \frac{d_{\text{н}}}{\vartheta_{\text{в}}} = 9,676 \frac{0,027}{1,51 \cdot 10^{-5}} = 1,746 \cdot 10^4,$$

где

$\omega_{\text{п}}$ — скорость воздуха в полном сечении перед теплообменными секциями:

$$\omega_{\text{п}} = \frac{V}{F_{\text{св}} \cdot 3600} = \frac{400000}{28,8 \cdot 3600} = 3,58 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

где

$F_{\text{св}}$ — площадь свободного сечения перед секциями аппарата приведена в Табл. 5:

$$F_{\text{св}} = 28,8 \text{ м}^2.$$

2. Скорость потока продукта в узком сечении:

$$\omega_{\text{уз}} = \frac{\omega_{\text{п}}}{\eta_{\text{с}}} = \frac{8,358}{0,395} 9,676 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

где

коэффициент сужения:

$$\eta_{\text{с}} = 0,395.$$

При турбулентном режиме движения жидкости в трубах ($Re > 10000$) принято пользоваться критериальным уравнением:

$$Nu = 0.0023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4},$$

где

критерий Нуссельта:

$$Nu = \alpha \cdot \frac{d_{BH}}{\lambda};$$

критерий Прандтля:

$$Pr = \frac{\nu}{\lambda} = \frac{5.18 \cdot 10^{-5}}{34 \cdot 10^{-3}} = 1.524 \cdot 10^{-3};$$

λ – теплопроводность продукта, $\frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$.

3. Рассчитываем Критерий Нуссельта по критериальному уравнению:

$$Nu = 0.0023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.43} = 0,023 \cdot (6,898 \cdot 10^3)^{0.8} \cdot (1,524 \cdot 10^{-3})^{0.43} \\ = 508,007.$$

4. Выражаем коэффициент теплопередачи продукта:

$$\alpha = Nu \cdot \frac{\lambda}{d_{BH}} = 508,007 \cdot \frac{34 \cdot 10^{-3}}{0,027} = 0,822.$$

Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха:

1. Коэффициент теплоотдачи со стороны воздуха к ребренной поверхности труб определяется по уравнению:

$$Nu = 0.223 \cdot \left(\frac{d_H}{U}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{U}\right)^{-0.14} \cdot Re_{yz}^{0.65} = 0,223 \cdot \left(\frac{0,027}{2,5}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{0,015}{2,5}\right)^{-0.14} \cdot \\ (1,746 \cdot 10^4)^{0.65} = 2,447 \cdot 10^3,$$

откуда:

$$\alpha_{B'} = 0.223 \cdot \frac{\left[\left(\frac{d_H}{U}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{h}{U}\right)^{-0.14} \cdot Re_{yz}^{0.65}\right]}{U^{0.35}} \\ = 0.223 \cdot \frac{\left[\left(\frac{0,027}{2,5}\right)^{-0.54} \cdot \left(\frac{0,015}{2,5}\right)^{-0.14} \cdot (1,746 \cdot 10^4)^{0.65}\right]}{2.5^{0.35}} = 5.108,$$

где U – шаг ребер, м; h – высота ребер, м.

2. В полученные значения $\alpha_{B'}$ следует внести поправки на неравномерность теплоотдачи по поверхности ребра и на внешнее загрязнение:

$$\alpha_B = \alpha_{B'} \cdot \frac{\theta_{\text{эксп}}}{1 + \beta_{\text{загр}} \cdot \alpha_{B'} \cdot \theta_{\text{эксп}}} \cdot f = 5.108 \cdot \frac{0.85}{1 + 0 \cdot 5.108 \cdot 0.85} \cdot 0.143 = 0.621,$$

где

$\theta_{\text{эксп}}$ - экспериментально определенный коэффициент, учитывающий неравномерность теплоотдачи на поверхности ребра:

$$\theta_{\text{эксп}} = 0.85.$$

Коэффициент загрязнения (для чистых поверхностей):

$$\beta_{\text{загр}} = 0.$$

3. Коэффициент, учитывающий распределение передачи тепла через поверхность участков трубы между ребрами и через поверхность ребер:

$$f = \frac{F_{\text{н}} + F_{\text{тр}} \cdot E \cdot \xi}{F_{\text{н}} + F_{\text{тр}}} = \frac{0.85 + 1.69 \cdot 1 \cdot 0.1}{0.85 + 1.69} = 0.143,$$

где

$F_{\text{н}}$ – наружная поверхность участков трубы между ребрами на 1 погонный м;

$F_{\text{тр}}$ – поверхность ребер на 1 погонный м.;

E – коэффициент эффективности ребра, учитывающий понижение его температуры по мере удаления от основания, определяется по графику (рис.

15) в зависимости от комплекса $h \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{\text{в}}'}{\delta_{\text{ср}} \cdot \lambda}}$:

$$E = 1$$

ξ – коэффициент, учитывающий трапецевидную форму сечения ребра, определяется по графику (рис. 16) в зависимости от $h \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{\text{в}}'}{\delta_{\text{ср}} \cdot \lambda}}$ и $\sqrt{\frac{\delta_1}{\delta_2}}$;

$$\xi = 1$$

δ_1, δ_2 – толшины ребра у торца и у основания.

4. Для графического определения коэффициентов определим:

$$\sqrt{\frac{\delta_1}{\delta_2}} = \sqrt{\frac{0,6}{1,1}} = 0,738; \quad \frac{D_{\text{р}}}{d_{\text{н}}} = \frac{0,057}{0,027} = 2,111;$$

$$h \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{\text{в}}'}{\delta_{\text{ср}} \cdot \lambda}} = 0.015 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0.621}{0.85 \cdot 34 \cdot 10^{-3}}} = 0.282.$$

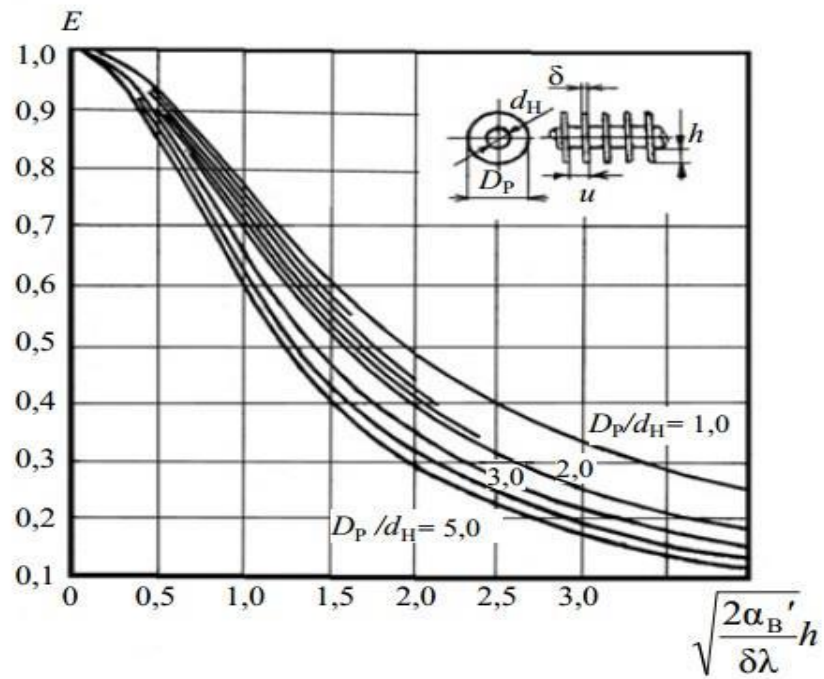


Рисунок 15 - Коэффициент эффективности для круглых ребер

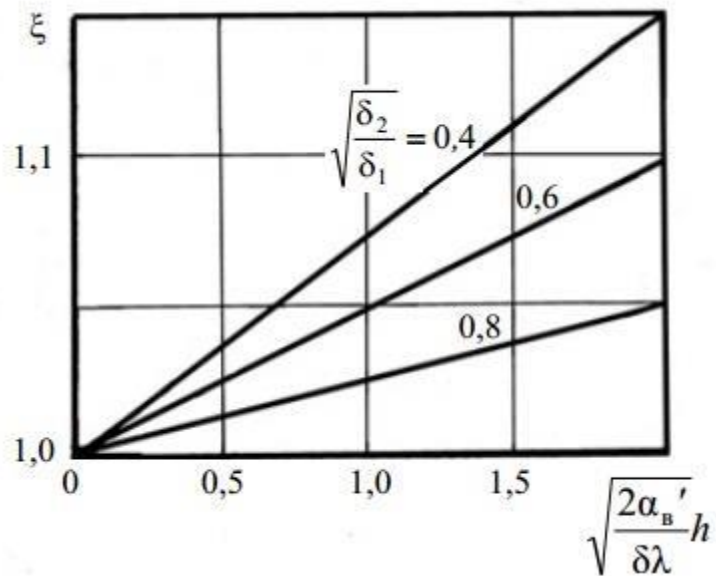


Рисунок 16 - Коэффициент ξ , учитывающий изменение толщины трапецевидных ребер

5. Средняя толщина ребра:

$$\delta_{\text{cp}} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} = \frac{0,6 + 1,1}{2} = 0,85$$

Средне-логарифмический температурный напор определим на монограмме (Рис. 17):

$$\theta_{cp} = 160 \text{ КДж}$$

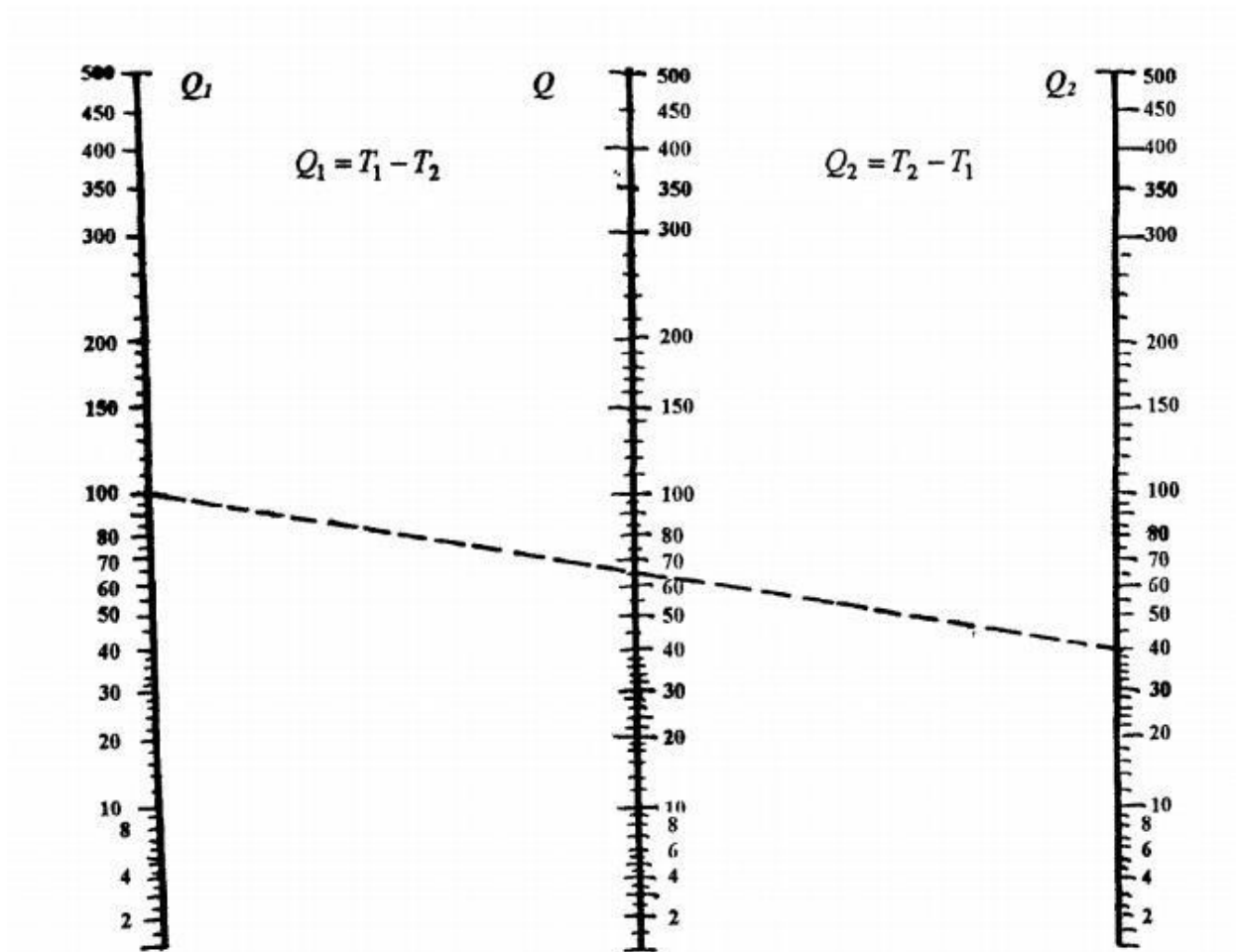


Рисунок 17 - Среднелогарифмический температурный напор

3.3 Основное уравнение теплопередачи:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp},$$

где

Коэффициент теплопередачи:

$$K = 0.354 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}};$$

Полная поверхность теплообмена:

$$F = 421,6 \text{ м}^2;$$

Средняя разность температур определяется на основании температур теплоносителей на входе и выходе теплообменного аппарата и направления движения теплоносителей (прямоток, противоток, перекрестный ток).

Наиболее общим случаем для аппаратов воздушного охлаждения является перекрестный ток теплоносителей при соблюдении общего противоточного направления потоков. Один из теплоносителей (конденсируемый или охлаждаемый продукт) движется по трубам, а другой (воздух) – общим потоком в межтрубном пространстве. Наличие поперечного оребрения на трубах препятствует перемешиванию потока в межтрубном пространстве, что приводит к увеличению температурного напора. При перекрестном токе начальная температура воздуха постоянна по поперечному сечению теплообменной секции, конечная же температура не одинакова.

Определение средней разности температур при перекрестном токе требует сложных математических расчетов, поэтому осуществляется при помощи поправочного коэффициента ε , для определения которого для наиболее часто встречающихся случаев составлены графики, и $\Delta t_{\text{срПР}}$, подсчитанной как для чистого противотока:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \varepsilon_{\text{п}} \cdot \Delta t_{\text{срПР}},$$

причем

$$\Delta t_{\text{срПР}} = \frac{(\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}})}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right)},$$

где

$\Delta t_{\text{б}}$ и $\Delta t_{\text{м}}$ - соответственно большая и меньшая величина разности температур между теплоносителями на концах теплообменника.

1. Рассчитываем среднюю разность температур при перекрестном потоке:

$$\Delta t_{\text{срПР}} = \frac{(\Delta t_{\text{б}} + \Delta t_{\text{м}})}{\ln \left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}} \right)} = \frac{(40.2 + 8.6)}{\ln \left(\frac{40.2}{8.6} \right)} = 20.491^{\circ}.$$

2. Поправочный коэффициент определяется графически в зависимости от вспомогательных величин R и P:

$$R = \frac{(t_1 - t_2)}{(t_{2B} + t_{1B})} = \frac{(61 - 19)}{(27,6 - 20,8)} = 6,176;$$

$$P = \frac{(t_{2B} + t_{1B})}{(t_1 - t_2)} = \frac{(27,6 - 20,8)}{(61 - 19)} = 0,162.$$

3. Определяем поправочный коэффициент: ε_n

На рисунке 18 приведен график для определения $\varepsilon_{(n_x-1)}$ при однократном перекрестном токе (один ход продукта).

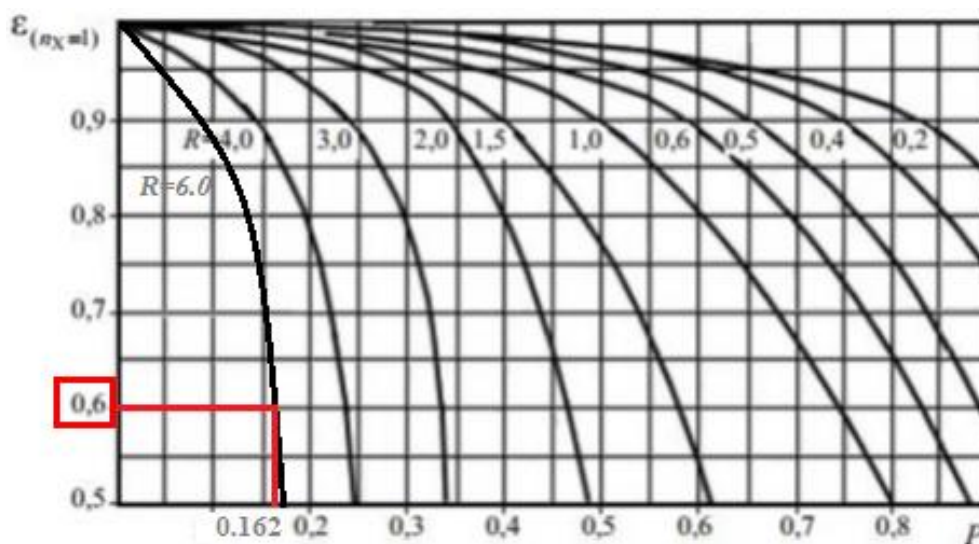


Рисунок 18 - График для определения поправочного коэффициента ε

Поправочный коэффициент:

$$\varepsilon = 0,6.$$

4. Рассчитываем средняя разность температур теплоносителей по все поверхности теплообмена:

$$\Delta t_{cp} = \varepsilon \cdot \Delta t_{cpPR} = 0,6 \cdot 20,491 = 12,295 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

5. Рассчитаем поправочную величину тепловой нагрузки:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta t_{cp} = 0,354 \cdot 421,65 \cdot 12,295 = 1,833 \text{ кВт}.$$

Расчетная начальная температура воздуха

При расчете аппаратов воздушного охлаждения необходимо обоснованно выбирать начальную (расчетную, проектную) температуру воздуха. Принятие заниженной расчетной температуры воздуха может привести к понижению теплопроизводительности АВО и производительности технологических установок в летнее время.

Чрезмерное завышение расчетной температуры воздуха значительно увеличивает поверхность теплообмена аппаратов, что в свою очередь приводит к повышению капитальных затрат.

За начальную температуру воздуха принимается средняя температура воздуха в 13 часов дня наиболее жаркого месяца для данной местности. Для расчета берут температуру воздуха на 2 – 3 °С выше средней июльской температуры. Для эффективной круглогодичной работы целесообразно также делать расчеты для температуры зимнего времени, в том числе и для наименьшей возможной температуры. Значения средних температур для летнего и зимнего времени в различных городах приведены в табл. 4. При расчете АВО целесообразно учитывать, что разница между начальной температурой воздуха и конечной температурой горячего теплоносителя должна составлять 14 – 22°С. Чем выше будет эта разница, тем экономичнее применение воздушного охлаждения. [2]

3.4 Расчеты сопротивлений аппарата

3.4.1 Тепловые сопротивления

В связи с тем, что в аппаратах воздушного охлаждения применяются биметаллические трубы, для подсчета теплового сопротивления используется величина, полученная путем условной замены биметаллической трубы с двумя слоями разных металлов трубой с одним слоем суммарной толщины с таким эквивалентным коэффициентом теплопроводности $\lambda_{\text{экв}}$, чтобы тепловое сопротивление эквивалентного слоя было равно тепловому сопротивлению биметаллической трубы.

1. Определим эквивалентный коэффициент теплопроводности:

$$\lambda_{\text{экв}} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{\frac{\delta_1}{\lambda_{\text{вн}}} \cdot \frac{d_{\text{экв}}}{d} + \frac{\delta_2}{\lambda_{\text{н}}} \cdot \frac{d_{\text{экв}}}{d_{\text{н}}}} = \frac{1,1 + 0,6}{\frac{1,1}{80 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0,0238}{0,025} + \frac{0,6}{130 \cdot 10^{-3}} \cdot \frac{0,0238}{0,027}}$$

$$= 102,62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}},$$

где:

δ_1 и δ_2 – толщины наружной и внутренней труб.

Коэффициент теплопроводности материала наружной трубы:

$$\lambda_n = 130 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

Коэффициент теплопроводности материала внутренней трубы:

$$\lambda_{\text{вн}} = 80 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}.$$

2. Определим эквивалентный диаметр трубы:

$$d_{\text{экв}} = \frac{d_n - d}{\ln \frac{d_n}{d}} = 23.874 \text{ мм}.$$

Значения тепловых сопротивлений стенок $\frac{1}{r_{\text{ст}}}$ для некоторых видов биметаллических труб с оребрением приведены в табл. 6.

Таблица 6. Тепловые сопротивления оребренной алюминией трубы

Материал внутренней трубы	Тепловое сопротивление, $1/r_{\text{ср}} \cdot 10^4, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
Сталь 10 и 20	0,63
12Х18Н10Т	1,86
Латунь	0,40
Алюминий	0,25

Как показывает опыт эксплуатации аппаратов воздушного охлаждения, загрязнение наружной оребренной поверхности труб практически не происходит. Таким образом, тепловое сопротивление загрязнений в АВО имеет место только со стороны охлаждаемого продукта в трубах.

Принимаем значение тепловых сопротивлений стенок:

$$\frac{1}{r_{\text{ст}}} = 0,63 \cdot 10^4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

3.4.2 Аэродинамические сопротивления:

В аэродинамической схеме аппарата потери обусловлены не только сопротивлением теплообменных секций, но и сопротивлением перед входом

в рабочее колесо, в самом рабочем колесе, при выходе из рабочего колеса, в жалюзийных решетках. Аэродинамическое сопротивление аппарата Δp_A рассчитывается с помощью критериальной формулы.

$$Eu = 4.75 \cdot z \cdot Re_B^{-0,285} = 4,75 \cdot 6 \cdot (1,617 \cdot 10^7)^{-0,285} = 0,251,$$

$$\Delta p_A = Eu \cdot \rho \cdot \omega_{y3}^2 = 0,251 \cdot 0,737 \cdot 9,676^2 = 17,675,$$

где

z – число рядов труб;

Eu – число Эйлера, $Eu = \frac{\Delta p_A}{\rho \cdot \omega_{y3}^2}$;

ω_{y3} – скорость воздуха в узком сечении, м/с;

Re_B – число Рейнольдса воздушного потока, $Re_B = \frac{\omega_{y3} \cdot d_{y3}}{\nu}$.

3.5 Расход электроэнергии на привод вентилятора

Аппараты воздушного охлаждения укомплектовываются электродвигателями различной мощности, выбираемыми по максимальным расчетным нагрузкам.

1. Мощность электродвигателя:

$$N_{дв} = \frac{N_B}{\eta_d \cdot \eta_n} = \frac{9,794 \cdot 10^3}{0,87 \cdot 0,97} = 1,541 \cdot 10^4 \text{ Вт},$$

2. Мощность на валу вентилятора:

$$N_B = \frac{V_{вент} \cdot P_B}{\eta_B} = 1,301 \cdot 10^4 \text{ Вт},$$

где

N_B – мощность на валу вентилятора, кВт

Подача вентилятора:

$$V_{вент} = 33,3 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

КПД вентилятора:

$$\eta_B = 0,64.$$

КПД электродвигателя:

$$\eta_d = 0,87.$$

КПД передачи:

$$\eta_{\pi} = 0,97 \dots 0,98.$$

Давление, создаваемое вентилятором:

$$P_{\text{в}} = 250 \text{ Па}.$$

3.6 Технологическая схема охлаждения газа

С началом эксплуатации месторождения в результате добычи в зоне отбора газа происходит снижение пластового давления. В результате падения пластового давления уменьшается естественная энергия газа. Большинство источников природного газа находятся на значительном расстоянии от потребителей и требуют транспортировки к месту назначения, вследствие чего необходимо сообщать дополнительную энергию газу для его транспортировки по магистральным газопроводам.

Для обеспечения данного условия на газовых месторождениях устанавливаются газоперекачивающие агрегаты, предназначенные для повышения давления (компримирование) и перемещения газа.

С ростом давления повышается температура компримированного газа, что может привести к разрушению изоляционного покрытия трубопровода и недопустимым температурным напряжениям стенке трубы. Для охлаждения газа устанавливаются аппараты воздушного охлаждения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Винила Александру Игоревичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Нефтегазовое дело/21.03.01

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Томску; стоимость электроэнергии - 5,8 руб. кВт*ч стоимость интернета – 350 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Учитываются следующие нормы и нормативы оплат труда: 22% надбавки за профессиональное мастерство 25 % премии за участие в научных конференциях 1,3 % районный коэффициент
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	30,2% отчисления во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования; оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований; определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Бюджет научно – технического исследования (НТИ) 1. Структура работ в рамках научного исследования.

	2. Определение трудоемкости выполнения работ. 3. Разработка графика проведения научного исследования. 4. Основная заработная плата исполнителей темы Бюджет научно-технического исследования. 5. Бюджет научно-технического исследования.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	1. Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки 2. Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Винила Александр Игоревич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данный раздел выпускной квалификационной работы предназначен для анализа конкурентоспособности, ресурсоэффективности и расчёта бюджета проводимой разработки.

Актуальность данной работы заключается в том, что каждому предприятию на производстве нужно оборудование, которое будет отвечать всем требованиям работоспособности и безопасности, чтобы это осуществить, необходимо правильно рассчитывать габариты элементов, которые входят в компрессорную установку, а также правильно их подбирать, учитывая климатические условия региона, в котором данное оборудование будет использоваться.

В данной работе рассмотрено использование аппаратов воздушного охлаждения, как устройства охлаждающего газ, который циркулирует по трубам компрессорной установки. АВО был рассчитан и подобран в соответствии с установленными требованиями.

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Продукт: аппарат воздушного охлаждения.

Целевой рынок: предприятия нефтегазоперерабатывающей отрасли промышленности.

Таблица 4 – Сегментирование рынка услуг по подбору вспомогательного оборудования

		Вид исследования вспомогательного оборудования		
		Расчет и подбор аппарата воздушного охлаждения	3D модель и анализ работы аппарата воздушного охлаждения	Конструирование аппарата воздушного охлаждения
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			
«Томскгазпром»		«Роснефть»		«Татнефть»

В различных исследованиях по подбору и расчёту аппарата воздушного охлаждения, нуждаются в основном крупные компании, так как без этого оборудования невозможна работа компрессорной установки. Существует множество нюансов от которых зависит расчёт данного типа оборудования, например, в зависимости от климатических условий, аппараты воздушного охлаждения могут быть как одного типа, так и другого, или, например, в условиях крайнего севера оборудование нужно обкладывать утеплителями, когда в более тёплых местах добычи этого делать не стоит.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес кри- терия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БФ	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,1	3	2	2	0,3	0,2	0,2
2.Ремонтопригодность	0,13	2	2	3	0,27	0,26	0,4
3. Надежность	0,1	4	5	3	0,4	0,4	0,4
4. Простота ремонта	0,12	2	4	2	0,34	0,47	0,24
5. Удобство в эксплуатации	0,11	3	3	2	0,25	0,31	0,43
6. Уровень шума	0,08	3	4	4	0,31	0,32	0,16
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,08	2	4	3	0,06	0,13	0,08
2. Уровень проникновения на рынок	0,03	3	4	2	0,24	0,31	0,15
3. Цена	0,07	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	2	4	4	0,13	0,28	0,28

5. Послепродажное обслуживание	0,02	4	4	3	0,25	0,26	0,18
6. Наличие финансирования	0,06	4	2	3	0,08	0,04	0,06
Итого	1	39	38	34	2,95	3,2	3

БФ - Применение аппарата воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника;

Бк1 - Применение аппарата воздушного охлаждения с вертикальным расположением теплообменника;

Бк2 - Применение другого вида аппарата воздушного охлаждения.

По таблице 5 видно, что наиболее эффективно использовать аппарат воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника, так же он является наиболее конкурентоспособным к другим видам и обладает рядом преимуществ, он способен выдавать большой КПД, при этом имея малые габаритные размеры, что важно на рынке.

$$k_1 = \frac{БФ}{Бк1} = \frac{39}{38} = 1,02; k_2 = \frac{Бк2}{Бк1} = \frac{34}{38} = 0,89.$$

4.3 SWOT-анализ

SWOT - анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

Таблица 6 – Матрица SWOT - анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1 - использование оребренных труб вместо обычных; С2 - использование программного комплекса Компас; С3 - простота конструкции;	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1- зависимость от климатических условий; Сл2- остановка всей установки в случае поломки; Сл3- ошибки в расчетной части программного комплекса;
--	--	--

	С4 - отсутствие надобности переквалификации существующих кадров.	Сл4-отсутствие возможности проверки результатов исследований с подкреплением практических опытов.
Возможности: В1- использование инфраструктуры ТПУ; В2-сотрудничество с предприятиями изготовителями аппарата воздушного охлаждения; В3- развитие технологий в данной отрасли; В4- расширение каталогов продукции.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С2 - для исследования проекта необходимы лаборатории ТПУ, допуск к которым имеет квалифицированный персонал. В2С3С4- сотрудничество с другими предприятиями позволит найти способ ещё большего упрощения конструкции аппарата, что не будет требовать переквалификации существующих кадров. В4С3 – использование большого разнообразия каталогов продукции влечёт за собой, отсутствие надобности переквалификации сотрудников.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл1- в случае отказа использования инфраструктуры ТПУ, могут возникнуть расчётные и экспериментальные ошибки, из-за которых произойдет остановка установки при незначительной поломке. В4Сл2Сл4- при расширении каталогов продукции могут возникнуть трудности с проверками расчётных результатов без подкрепления практических данных, что приведет к поломке и остановке аппарата.
Угрозы: У1- отсутствие спроса на данное исследование; У2-уменьшение бюджета на разработку; У3- введение дополнительных требований на сертификацию продукции; У4- появление инноваций, из-за которых принцип действия будет устаревшим.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У3С1 – из-за использования оребренных труб вместо обычных может возникнуть введение дополнительных требований на сертификацию продукции, что плохо отразится на производстве.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» У1Сл1Сл2 - возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие поломок оборудования из-за жестких климатических условий. У2Сл4- возможно уменьшение бюджета из-за отсутствия возможности проверки результатов исследований с подкреплением практических опытов.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

В результате анализа были выделены следующие сильные стороны:

С1 - Использование оребрѐнных труб вместо обычных;

С2 - Использование программного комплекса Компас и Solid Works;

С3 - Простота конструкции;

С4 - Отсутствие надобности переквалификации существующих кадров.

Слабые стороны:

Сл1- Зависимость от климатических условий;

Сл2- Остановка всей установки в случае поломки;

Сл3- Ошибки в расчетной части программного комплекса;

Сл4-Отсутствие возможности проверки результатов исследований с подкреплением практических опытов.

Возможности:

В1- Использование инфраструктуры ТПУ;

В2-Сотрудничество с предприятиями изготовителями аппарата воздушного охлаждения;

В3- Развитие технологий в данной отрасли;

В4- Расширение каталогов продукции.

Угрозы:

У1- Отсутствие спроса на данное исследование;

У2-Уменьшение бюджета на разработку;

У3-Введение дополнительных требований на сертификацию продукции;

У4-Появление инноваций, из-за которых принцип действия будет устаревшим.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей

среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 7, таблице 8, таблице 9, таблице 10.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	-	-
	B2	0	-	-	-
	B3	-	-	0	-
	B4	-	+	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: B1Сл2, B4Сл2, B4Сл4.

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	+	0	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	0	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У3С4.

Таблица 10 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	-	
	У2	0	-	-	+
	У3	-	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2, У2Сл4, У3Сл3.

4.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

Точная формулировка проблемы исследования: предложить новую эффективную конструкцию устройства.

Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица.

Таблица 11 – Морфологическая матрица для аппарата воздушного охлаждения

	Возможные варианты		
	1	2	3
А. Расположение теплообменника	горизонтальное	вертикальное	зигзагообразное
Б. Использование хладагента	воздушное	газовое	—
В. Тип установки	неподвижный	передвижной	—
Г. Число вентиляторов	один	два	три
Д. Тип компрессора для АВО	поршневой	пластинчатый	винтовой
Е. Тип мотора	электрический	гидравлич.	механический
Ж. Тип операций	охлаждающий	обдувающий	теплообмен.
З. Число секций АВО	две	четыре	шесть

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. Исходя из таблицы 11 выберем наиболее подходящие варианты компоновки АВО: А1В1В2Г1Д2Е3Ж1З1; А2В2В2Г3Д1Е2Ж2З2.

4.5 Планирование научно-исследовательских работ

4.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке: определение структуры работ в рамках научного исследования; определение участников каждой работы; установление продолжительности работ; построение графика проведения научных исследований.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в (таблице 12).

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель инженер
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Инженер
	4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
	5	Поиск необходимых параметров для построения модели	Инженер

Теоретические и экспериментальные исследования	6	Расчет и построение модели АВО	Инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, инженер
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, инженер

4.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5},$$

где:

$t_{ожи}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$ — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{махи}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так

как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i},$$

где:

T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где:

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где:

$T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 55$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 16$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 55 - 16} = 1,22.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Рассчитанные значения сведены в таблице 13.












Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , Чел-дни	t_{max} , Чел-дни	$t_{ож}$, Чел-дни			
Календарное планирование работ по теме	2	4	1,9	Руководитель Исполнитель проекта	3	3.69
Согласование материалов по	6	7	6,5	Руководитель	7	8.61
Календарное планирование работ по теме	2	4	1,9	Руководитель Исполнитель проекта	3	3.69
Подбор и изучение материалов по теме	11	16	13	Исполнитель проекта	11	13.53
Проведение теоретических расчетов и обоснование	7	19	11	Исполнитель проекта	9	11.07
Проектирование 3D модели аппарата воздушного охлаждения	4	11	7,7	Исполнитель проекта	8	9.7
Оценка результатов исследования	4	6	4,8	Руководитель, Исполнитель проекта	3	3.9


Составление пояснительной записки	8	17	12,5	Руководитель, Исполнитель проекта	5	6.15
-----------------------------------	---	----	------	-----------------------------------	---	------

На основе таблицы 13 строим план график, представленный в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план график проведения научно-исследовательской работы (НИР)

№р	Вид работ	Испол- нители	Тк _і , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Календарное планирование работ по теме	Р	4												
2	Подбор и изучение материалов по теме	И	17												
3	Согласование материалов по теме	Р	8												
4	Составление и утверждение тех. задания	Р, И	4				 								
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	И	14												
6	Проектирование 3D модели планетарного редуктора	И	11												
7	Оценка результатов исследования	Р, И	4,8							 					
8	Составление пояснительной записки	Р, И	10								 				

Руководитель (Р) – 

Инженер (И) – 

4.6 Бюджет научно-технического исследования

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- затраты на оборудование;
- заработная плата исполнителей;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- прочие расходы.

4.6.1 Затраты на оборудование

Затраты на специальное оборудование и материальные затраты отсутствуют, поскольку настоящее исследование не требует закупки оборудования, сырья, материалов, запасных частей. В моем научно-техническом исследовании изготовление опытного образца не производится, поэтому затраты на его производство отсутствуют.

Для проведения научного исследования нам необходим компьютер, с установленным на него специальных программ и с нужным нам программным обеспечением.

Затраты на покупку компьютера:

$$З = d_k + d_{по} = 27000 + 3000 = 30000 \text{ руб,}$$

где:

d_k – стоимость компьютера;

$d_{по}$ – стоимость программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно.

4.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость чел.-дн.	Заработная плата, приходящая на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	2,1	3.2	6.7
2	Выбор направления исследований	Руководитель	3,2	3.2	10.24
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта	11	1.7	18.7
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель проекта	3,1	4.9	15.19
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель проекта	10	1.7	17
6	Проектирование 3D модели	Исполнитель проекта	6.5	1.7	11.05
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель проекта	7,8	3.2	9.05
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель проекта	1,7	4.9	8.33
Итого:					67311

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп},$$

где:

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_p \cdot Z_{\text{дн}},$$

где:

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{68510 \cdot 10,4}{222} = 3209 \text{ руб.}$$

где:

Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные - праздничные	54 27	54 27
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	48 14	72 14
Действительный годовой фонд рабочего времени	222	198

Месячная заработная плата работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 68510 \text{ руб.},$$

где:

$З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 - 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $З_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{с1}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, тыс. руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, тыс. руб.	$З_{\text{дн}}$, тыс. руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, тыс. руб.
Руководитель	31000	0,3	0,5	1,3	68510	3209	21	67389
Исполнитель проекта	14000	0	0	1,3	32760	1720	48	82560
Итого:								149949

4.6.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при

предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 67389 = 8760 \text{ руб};$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 82560 = 10732 \text{ руб},$$

где:

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

4.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0.302 \cdot (67389 + 8760) = 20636 \text{ руб.},$$

где:

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 18 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб.	Дополнительная заработная плата, тыс. руб.
	Исполнение 1	
Руководитель	67389	8760
Исполнитель проекта	82560	10732
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0.302	
Итого:		
Исполнение 1	45918	

4.6.5 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию: тариф на энергию для юридических лиц составляет 5,8 руб. кВт*ч. Ежемесячный расход электроэнергии составлял 100 кВт. Итого за период выполнения работы, затраты на электроэнергию составили 1740 руб.

Затраты на интернет: тариф за месяц пользования составляет 360 руб. Итого за период выполнения работы, затраты на интернет составили 1080 руб.

Затраты на аренду компьютера: за месяц пользования составляет 10000 руб. Период выполнения работы 3 месяца. Итого за период выполнения работы затраты за аренду составили 30000 руб.

4.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 19 – Расчет бюджета затрат научно-технического исследования (НТИ)

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	149949
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19492
3. Отчисления во внебюджетные фонды	20636
4. Затраты на покупку компьютера	30000
5. Прочие расходы	563.5
6. Бюджет затрат НТИ	220640

4.7 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{220640}{220640} = 1,$$

где:

$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где:

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Две секции вентил.	Четыре секции вентил.	Много секций вентилятора
1. Безопасность	0,1	3	3	5
2. Удобство в эксплуатации	0,20	4	3	5
3. Срок службы	0,15	4	5	5
4. Ремонтпригодность	0,15	3	3	5
5. Надёжность	0,15	4	3	4
6. Материалоёмкость	0,25	3	4	4
Итого:	1	3,5	3,9	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6;$$

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 = 3,9;$$

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

По расчетам видно следующее, что самый наибольший коэффициент интегральности является у многосекционного аппарата воздушного охлаждения.

Таким образом, многосекционный аппарат воздушного охлаждения остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен предпроектный анализ, планирование научно-исследовательских работ, планирование бюджета НТИ и оценка сравнительной эффективности проекта.

На основе SWOT-анализа были показаны проблемы и возможности данной технологии. Для данного НТИ характерен баланс сильных сторон и возможностей (получения высокоэффективного оборудования), а также технология находится в достаточно стабильных условиях. Для получения дополнительно конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии.

При планировании НТИ была определена группа процессов планирования, которая состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей. При планировании бюджета научного исследования было обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. Итоговая сумма бюджета составляет 220640 рублей.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Винила Александру Игоревичу

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Нефтегазовое дело/21.03.01

Тема ВКР:

Расчет аппарата воздушного охлаждения компрессорной установки	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: аппарат воздушного охлаждения компрессорной установки.</p> <p>Область применения: охлаждение компримируемого газа (газоперекачивающие агрегаты).</p>
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Работникам, занятым на работах с вредными и опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ); - ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ); - повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ); - право на пенсию по возрасту на льготных условиях (Федеральный закон от 28.12.2013 №400-ФЗ «О страховых пенсиях»); - обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты за счет средств работодателя (ст. 219 ТК РФ); - обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний (Федеральный закон от 24.07.1998 №125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний»); - контроль состояния условий труда работников на соответствие действующим правилам и нормам (Федеральный закон от 28.12.2013 №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»,

	Постановление Минтруда России от 08.02.2000 №14 «Об утверждении Рекомендаций по организации работы Службы охраны труда в организации»).
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	К вредным факторам относятся следующие: - повышенные уровни шума; - повышенные уровни вибрации; - отклонение показателей микроклимата. К опасным факторам относятся следующие: - повышенная температура трубопроводной обвязки; - пожароопасность и взрывоопасность; - наличие быстродвижущихся элементов.
3. Экологическая безопасность:	Защита селитебной зоны: Учет санитарно-защитной зоны при строительстве газокompрессорных станций. Воздействие на атмосферу: - выброс газа; - выбросы продуктов сгорания топлива. Воздействие на гидросферу: - возможный разлив смазочно-охлаждающих жидкостей. Воздействие на литосферу: - твердые бытовые отходы при техническом обслуживании и ремонте газокompрессорных установок. -охлаждающих жидкостей.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: - аварийная остановка при превышении частоты вращения вентилятора; - нарушение рабочего режима охлаждения; - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - появление открытого огня; - перегрузка электроприборов. Наиболее типичной ЧС является нарушение рабочего режима охлаждения.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Винила Александр Игоревич		

5 Социальная ответственность

Введение

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности.

Разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

В качестве персонала рассматривается машинист технологических компрессоров. Рабочим местом машиниста является машинный зал. Работа выполняется в основном стоя. Машинист следит за показаниями приборов на пульте управления, осуществляет контроль за технологическим процессом, поддерживает в рабочем состоянии компрессорную установку. Регламентированные перерывы – 3% от рабочего времени.

В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на машиниста технологических компрессоров на рабочем месте.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Компрессорная станция является объектом повышенной опасности для всего персонала, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны специалисты предприятия, которые прошли обучение и имеют допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают, как действовать в случаях аварий, в нештатных ситуациях.

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

Лица женского пола могут привлекаться к проведению отдельных газоопасных работ, предусмотренных технологическими регламентами и инструкциями и допускаемых законодательством о труде женщин.

К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой помощи.

Первичное обучение рабочих безопасным методам и приемам труда; руководителей и специалистов, лиц, ответственных за безопасную

эксплуатацию газового хозяйства и ведение технического надзора, а также лиц, допускаемых к выполнению газоопасных работ, должно проводиться в организациях, имеющих соответствующую лицензию.

При вахтовом методе организации работ в Обществе устанавливается суммированный учет рабочего времени за год.

Учетный период охватывает все рабочее время, время в пути от места нахождения Общества или от пункта сбора до места работы и обратно и время отдыха, приходящееся на данный календарный отрезок времени. При этом общая продолжительность рабочего времени за учетный период не должна превышать нормального числа рабочих часов, установленных законодательством.

В Обществе ведется специальный учет рабочего времени и времени отдыха на каждого работника по месяцам и нарастающим итогом за весь учетный период.

Рабочее время и время отдыха в рамках учетного периода регламентируется графиком работы на вахте, который утверждается главным инженером – заместителем генерального директора по производству Общества и доводится до сведения работников не позднее, чем за два месяца до введения его в действие. В графиках предусматриваются также дни, необходимые для доставки работников на вахту и обратно.

Работодатель вправе производить замену периода рабочей вахты не реже одного раза в три года, предусмотрев соответствующие изменения в графиках работы на вахте.

Дни нахождения в пути к месту работы и обратно в норму рабочего времени не включаются и могут приходиться на дни межвахтового отдыха.

Продолжительность ежедневной работы (смены) не должна превышать 12 часов.

Продолжительность ежедневного (междусменного) отдыха работников с учетом обеденных перерывов может быть уменьшена до 12 часов. Неиспользованные в этом случае часы ежедневного отдыха суммируются и предоставляются в виде дополнительных свободных от работы дней (дни

межвахтового отдыха) в течение учетного периода. Число дней еженедельного отдыха в текущем месяце должно быть не менее числа полных недель этого месяца.

Нормальное количество часов, которое работник должен отработать в учетном периоде, определяется, исходя из шестидневной рабочей недели и продолжительности рабочей смены 7 часов и пятичасовой рабочей смены в предвыходные и предпраздничные дни (при 40-часовой рабочей неделе). При этом на работах с вредными условиями труда норма рабочего времени исчисляется, исходя из установленного законодательством сокращенного рабочего времени (ст.94 ТК РФ).

Общество в соответствии со статьей 189 ТК РФ обязано создавать условия, необходимые для соблюдения работниками дисциплины труда. За неисполнение работниками по их вине возложенных на них трудовых обязанностей Общество имеет право применять в установленном порядке дисциплинарные взыскания, предусмотренные ст. 192 ТК РФ.

Компоновка рабочей зоны:

1. Рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм;
2. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм;
3. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки;
5. Стул не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм.

5.2 Производственная безопасность

Таблица 25 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [4] ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования [5] ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [6] ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования [8] ГОСТ 12.2.062-81 Оборудование производственное. Ограждения защитные [9] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. [13] СП52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. [18]
Превышение уровня вибрации		+	+	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
Наличие быстродвижущихся элементов	+	+	+	
Пожароопасность и взрывоопасность		+	+	
Повышенная температура трубопроводной обвязки			+	

Компрессорная установка включает в себя АВО, поршневой компрессор и газопоршневой двигатель, использующий природный газ в качестве топлива. Газ при смешении с воздухом образует взрывоопасную

смесь. Утечки газа в машинном зале компрессорной установки могут достичь высокой концентрации и привести к взрыву и последующему пожару на предприятии.

Воздействие на окружающую среду оказывают выхлопной газ с механическими примесями, возможные разливы смазочно-охлаждающих жидкостей, твердые бытовые отходы, образуемые при ремонтных операциях компрессорной установки.

5.2.1 Анализ выявленных вредных факторов

Непосредственными источниками шума и вибрации являются аппарат воздушного охлаждения (осевой вентилятор и привод) и газоперекачивающий агрегат. В зависимости от мощности привода частота вращения вентилятора может достигать 7000 об/мин и более, что значительно повышает шум подшипниковых узлов.

Влияние шума на организм человека

Влияние шума на слуховой анализатор проявляется в ауральных эффектах, которые, главным образом, заключаются в медленно прогрессирующем понижении слуха по типу неврита слухового нерва. В этом случае патологические изменения затрагивают в одинаковой степени оба уха.

У работников, работающих на шумных производствах, в первые годы проявляются неспецифические симптомы, характеризующие реакцию центральной нервной системы на действие шума: они жалуются на головную боль, повышенную утомляемость, шум в ушах и т.д. Субъективное ощущение снижения слуха обычно возникает значительно позже, причем аудиологические признаки поражения органа слуха можно выявить задолго до того момента, когда человек заметит, что стал слышать хуже. Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и

позвоночнике, а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» [6] допустимый уровень шума на рабочем месте компрессорной установки составляет 80 дБ. Однако при работе установки уровень шума может достигать 110 дБ.

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» [8] внешнюю часть стен базы и поверхности цилиндров, можно покрыть шумопоглощающей изоляцией. Также возможно применение звукоизолирующего кожуха.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 [8] персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Влияние вибрации на организм человека

Воздействие вибрации на организм человека может привести к появлению вибрационной болезни, которая проявляется в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, в поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорно-двигательного аппарата.

Воздействие локальной вибрации на организм человека приводит к головным болям, тошноте; оказывает воздействие на процесс кровообращения и нервные окончания.

По ГОСТ 26568-85 [10] к коллективным средствам защиты от вибрации относятся активные средства виброзащиты.

К индивидуальным средствам защиты от вибрации относятся специальные вибродемпфирующие перчатки, рукавицы, нагрудники, специальные костюмы, обувь.

Влияние параметров микроклимата на организм человека

Недостаточная влажность приводит к интенсивному испарению влаги со слизистых оболочек, их пересыханию и эрозии, загрязнению болезнетворными микробами. Обезвоживание организма на 6% вызывает нарушение умственной деятельности, снижение остроты зрения. Обезвоживание на 15-20% приводит к смерти.

Длительное влияние высокой температуры в сочетании со значительной влажностью может привести к накоплению тепла в организме и к гипертермии – состоянию, при котором температура тела повышается до 38-40°С. При гипертермии, и как следствие, тепловом ударе, наблюдается головная боль, головокружение, общая слабость, изменение цветового восприятия, сухость во рту, тошнота, рвота, потовыделение. Пульс и частота дыхания ускоряется, в крови возрастает содержание остаточного азота и молочной кислоты. Наблюдается бледность, посинение кожи, зрачки расширены, иногда возникают судороги, потеря сознания.

Влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма. Повышенная влажность ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию вследствие снижения испарения пота, а слишком низкая влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. Нормальные величины относительной влажности составляют 40-60%.

Отсутствие или недостаток естественного света

В соответствии со СНиП 23-05-95 [18] освещение должно обеспечить: санитарные нормы освещенности на рабочих местах, равномерную яркость в поле зрения, отсутствие резких теней и блескости, постоянство освещенности по времени и правильность направления светового потока. Освещенность на рабочих местах и в производственных помещениях должна контролироваться не реже одного раза в год.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения.

Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, нарушает механизм сумеречного зрения. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Для обеспечения рационального освещения (отвечающего техническим и санитарно-гигиеническим нормам) необходимо правильно подобрать светильники в сочетании с естественным светом. Поддерживать чистоту оконных стекол и поверхностей светильников.

5.2.2 Анализ выявленных опасных факторов

Наличие быстродвижущихся элементов

В АВО основным рабочим органом является вентилятор, частота вращения которого достигает 7000 об/мин. При несвоевременном обслуживании агрегата возможны повреждения вентилятора, повреждение агрегата и травмирование человека. В качестве средств защиты необходимо использовать защитные экраны, закрывающие непосредственно блок АВО по ГОСТ 12.2.062-81. [9]

Повышенная температура трубопроводной обвязки

Система подачи газа на АВО представлена совокупностью трубопроводов, охватывающих установку. Контакт с трубопроводом при работающей установке может привести к ожогам различной степени, в

зависимости от времени контакта и температуры. В качестве средства защиты необходимо использовать термостойкие перчатки, защитные экраны, по ГОСТ 12.2.062-81. [9]

Пожароопасность и взрывоопасность

Причиной пожара может стать утечка газа, который компримируется компрессорной установкой. В качестве меры профилактики должны использоваться системы контроля загазованности. На компрессорной станции должна предусматриваться система пенного пожаротушения, состоящая из резервуара с водой, насосной станции, сети пенных трубопроводов. Также должен быть противопожарный трубопровод с установленными гидрантами. Обязательно наличие огнетушителей на территории компрессорной станции.

5.3 Экологическая безопасность

Защита селитебной зоны

При строительстве компрессорных станций, в которых в качестве привода поршневых компрессоров используются газопоршневые двигатели, учитываются нормы санитарно-защитной зоны согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. [13] Для снижения неблагоприятного воздействия на организм человека и на окружающую среду для станции данная зона составляет 500м.

С целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, выделяемыми газопоршневыми двигателями, размещение станций осуществляется с учетом господствующего направления ветра, чтобы уменьшить попадание веществ, загрязняющих атмосферный воздух, на селитебную зону.

Воздействие на атмосферу

АВО использует в качестве охлаждаемых продуктов природный газ, который представляет собой смесь продуктов сгорания с избыточным горением. В общем случае продукты сгорания могут содержать:

- продукты полного сгорания горючих компонентов топлива;
- компоненты неполного сгорания топлива;

– окислы азота.

Выхлопные газы с продуктами неполного сгорания загрязняют атмосферу. Частицы, содержащиеся в выхлопном газе, наносят вред здоровью человека, попадая в органы дыхания. Для снижения концентрации вредных веществ выхлопных газов необходима более тщательная подготовка топливного газа, для снижения содержания механических примесей.

Воздействие на гидросферу

Возможным воздействием может являться разлив смазочно-охлаждающих жидкостей, а также отработанного масла компрессорной установки в случае несоблюдения правил замены жидкостей и их транспортировки.

Воздействие на литосферу

Работа компрессорной установки подразумевает осуществление регулярного технического обслуживания. Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом, фторопласт, прочий бытовой и технический мусор). Для утилизации бытовых отходов применяются полигоны твердых бытовых отходов.

Решения по обеспечению экологической безопасности

При выполнении работ по наливу, сливу, зачистке транспортных средств и хранилищ следует соблюдать инструкции и правила техники безопасности, производственной санитарии и пожарной безопасности, разработанные для каждого предприятия с учетом специфики производства.

Работающие с нефтепродуктами должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90. [5]

При работе с отработанными нефтепродуктами, являющимися легковоспламеняющимися и ядовитыми веществами, необходимо применять индивидуальные средства защиты по типовым отраслевым нормам.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, уменьшения пожарной опасности и улучшения условий труда рекомендуются

установки герметичного налива и слива, стационарные шланговые устройства, системы автоматизации процессов сливно-наливных операций.

Режим слива и налива нефтепродуктов, конструкция и условия эксплуатации средств хранения и транспортирования должны удовлетворять требованиям электростатической искробезопасности по ГОСТ 12.1.018-93. [7]

Устройства полигонов твердых бытовых отходов должны организовываться в соответствии с СанПиНом 2.1.7.722-98. [13]

5.4 Защита в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных ЧС на объекте

Возможные ЧС на объекте:

- аварийная остановка при превышении частоты вращения вентилятора;
- нарушение рабочего режима охлаждения;
- аварийная остановка при превышении уровня вибрации;
- появление открытого огня;
- перегрузка электроприборов.

Наиболее типичной ЧС является нарушение рабочего режима охлаждения.

Описание мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС

Для предотвращения нарушения рабочего режима охлаждения снабжена средствами измерения и контроля, имеет защитные блокировки, обеспечивающие отключение агрегата при нарушении рабочего режима охлаждения. Большая часть защитных систем выведена щит контроля, который размещен в отсеке компрессора газоперекачивающего агрегата.

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС необходимо выполнение регламентированных мер по подготовке и включению привода вентилятора работу. После прогрева газа включаются валоповоротные устройства, регулируется давление в агрегате сбросным клапаном, проверяются защиты и блокировки.

При возникновении аварийной ситуации в аппарате воздушного

охлаждения и невозможности восстановления режима необходимо произвести разгрузку секции теплообмена и отключение АВО. Причинами повышения температуры могут быть нарушение работы теплообменной секции по причине их завоздушивания.

Компрессорная станция является объектом повышенной опасности для всего персонала, а также объектом, на котором установлено дорогостоящее оборудование, эксплуатировать которое должны специалисты предприятия, которые прошли обучение и имеют допуск к работе оборудования, транспорта, а также знают, как действовать в случаях аварий, в нештатных ситуациях.

При возникновении поломок оборудования, угрожающих аварией на рабочем месте или в цехе, необходимо прекратить его эксплуатацию, а также подачу к нему электроэнергии, газа, воды и т.п. Доложить о принятых мерах непосредственному руководителю и действовать в соответствии с полученными указаниями.

В случае воспламенения воспламеняющихся жидкостей не тушить огонь водой, следует применять пенный или углекислотный огнетушитель. Огонь засыпать землей, песком или накрыть брезентом, или другой плотной тканью.

При травмировании, отравлении и внезапном заболевании работника ему должна быть оказана первая помощь. Действия по оказанию этой помощи осуществляют специально обученные лица или очевидцы несчастного случая в соответствии с действующими правилами оказания первой помощи.

Вывод: в данном разделе проведен анализ вредных факторов таких как повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации. Выявлены опасные факторы: повышенная температура трубопроводной обвязки, пожароопасность, взрывоопасность, наличие быстродвижущихся элементов. Так же проведен анализ воздействия на атмосферу, гидросферу, литосферу и защиты селитебной зоны. К чрезвычайным ситуациям можно отнести нарушение режима охлаждения.

Заключение

Результатом данной работы является проведение расчёта и подбора аппарата воздушного охлаждения с горизонтальным расположением теплообменника.

Осуществлён экономический расчёт бюджета, построен SWOT анализ о сильных и слабых сторонах оборудования, а также в разделе социальная ответственность, были рассмотрены положения безопасности, которые необходимы при работе с вспомогательным оборудованием.

Список используемых источников

1. Алимов С. В., Лифанов В. А., Миатов О.Л. Аппараты воздушного охлаждения газа: опыт эксплуатации и пути совершенствования // Газовая промышленность. 2006. №6. С.54-57.
2. Сидягин А.А., Расчет и проектирование аппаратов воздушного охлаждения: учеб. пособие/ А.А. Сидягин, В.М. Косырев. – Н.Новгород: НГТУ, 2009. – 150 с.
3. Устройство и расчет аппаратов воздушного охлаждения (АВО): учебное пособие / И.А. Мутугуллина. – Бугульма: 2017. – 80 с.
4. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
5. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
6. ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»
7. ГОСТ 12.1.018-93 «Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования»
8. ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация»
9. ГОСТ 12.2.062-81 «Оборудование производственное. Ограждения защитные»
10. ГОСТ 26568-85 «Вибрация. Методы и средства защиты. Классификация»
11. ПБ 12-368-00 «Правила безопасности в газовом хозяйстве»
12. СанПиН 2.1.7.722-98 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов»
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»
14. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения/ Под ред. В.Б.Кунтыша, А.Н.Бесонного.-СПб.: Недра, 1996–510 с.

15. Справочник по теплообменникам. В 2 т. Т.2 / Пер. с англ. под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с.
16. Асланян Г.С., Молодцов С.Д., Соловьянов А.А, Энергосбережение как важнейший компонент природоохранной политики // Теплоэнергетика. – 1998 - №1. – С. 76-80.
17. Бессонный А.Н. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: справочник / А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер, В.Б. Кунтыш, А.Э. Пиир и др.; под общ. ред. В.Б. Кунтыша, А.Н. Бессонного. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.
18. СП52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
19. FaJiang H., WeiWu C., Ping Y. Experimental Investigation of Heat Transfer and Flowing Resistance for Air Flow Cross over Spiral Finned Tube Heat Exchanger. Energy Procedia 17 2012, pp. 741 – 749.
20. Калинин Э.К., Дрейцер Г.А., Копп И.З., Мякочин А.С. Эффективные поверхности теплообмена. – М.: Энергоатомиздат. 1998 408 с.

Приложение

Таблица П.1 - Основные параметры оребренной трубы

Параметры	Коэффициент оребрения		
	$\varphi = 9$	$\varphi = 14,6$	$\varphi = 20$
Диаметр трубы у основания ребер, d_n , мм	28	28	27
Диаметр основной трубы (для биметаллических), d , мм	25	25	25
Внутренний диаметр трубы биметаллической, $d_{вн}$, мм	21	21	21
Внутренний диаметр трубы монометаллической, $d_{вн}$, мм	22	22	22
Шаг ребер, u , мм	3,5	3	2,5
Количество ребер на 1 м трубы	286 ± 5	333 ± 5	400 ± 5
Высота ребер, h , мм	10,5	14	15
Толщина ребер в верхней части (у торца), δ_1 , мм	0,6	0,6	0,6
Толщина ребер у основания, δ_2 , мм	1,1	1,1	1,1
Диаметр ребер, D_p , мм	49	56	57
Площадь теплообмена 1 м трубы, m^2 :			
по оребрению, $F_{тр}$	0,792	1,284	1,69
по неоребренной поверхности, F_n	0,088	0,088	0,085

Таблица П.2. Некоторые значения тепловой напряженности в АВО

1	2	3	4
12.	Конденсация и охлаждение толуола	6700	62
13.	Охлаждение ароматических углеродов	8800	84
14.	Охлаждение газопродуктовой смеси	4300	98
15.	Охлаждение паровой смеси	5600	91
16.	Охлаждение парогазовой смеси	7500	168
17.	Конденсация и охлаждение паров бензина, газа С ₄ и водяного пара	7200	156
18.	Охлаждение дизельного топлива	4400	93
19.	Охлаждение керосина	5300	92
20.	Конденсация и охлаждение растворителя	4600 ÷ 5600	135 ÷ 172
21.	Конденсация и охлаждение бензина	5300 ÷ 5500	147 ÷ 154
22.	Охлаждение бензина	6600	168
23.	Конденсация и охлаждение водяного пара	6500	197
24.	Охлаждение средней фракции установки азеотропной перегонки	4600	130
25.	Конденсация и охлаждение азеотропной смеси	8000	248
26.	Конденсация и охлаждение метанола	8400	239
27.	Конденсация и охлаждение бензино - лигроиновой фракции	5800	133
28.	Конденсация и охлаждение ацетоно - толуольной смеси	4800	138

Таблица П.3. Параметры некоторых АВО специального назначения

Тип аппарата	2АВГ-75	2АВГ-100	АВГ-160	АВГ-320
Коэффициент оребрения труб	20	20	14,6	14,6
Давление условное, МПа	7,5	10	до 17	32
Число секций	3	3	4	4
Количество рядов труб	6	6	6	8
Число ходов по трубам	1	1	3	4
Количество труб	528	528	208	252
Длина труб, м	12	12	8	8
Диаметр колеса вентилятора, м	5	5	2,8	2,8
Тип двигателя для вентилятора	ВАСО-16-14-24	ВАСО-16-14-24	ВАСО-37	ВАСО-37
Мощность двигателя, кВт	37	37	37	37
Количество вентиляторов	2	2	4	4
Наружная поверхность труб (по оребрению), м ²	9 930	9 930	7 920	9 600
Назначение	Охлаждение газа на компрессорных станциях и магистральных трубопроводах		Охлаждение природного газа и конденсация углеводородов	Охлаждение продукта в агрегате синтеза метанола

Таблица П.4. Средняя температура и относительная влажность атмосферного воздуха в различных районах России и стран ближнего зарубежья

Город	Январь		Июль		Город	Январь		Июль	
	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$		$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_{\text{в}}, \%$
Россия					Псков	-7,1	86	17,5	72
Архангельск	-13,3	88	15,3	79	Ростов н/Д	-6,1	89	23,7	59
Благовещенск	-24,2	78	21,2	72	С.Петербург	-7,7	87	17,5	69
Владивосток	-13,7	74	20,6	77	Саратов	-11,3	84	23,1	53
Волгоград	-9,9	85	24,7	50	Смоленск	-8,4	88	17,6	78
Вологда	-12,0	85	17,6	70	Тамбов	-11,1	88	20,0	68
Воронеж	-9,8	90	20,6	62	Томск	-19,4	82	18,8	76
Грозный	-4,9	93	23,9	70	Уфа	-15,0	86	19,4	67
Екатеринбург	-16,2	84	17,2	70	Чита	-27,4	82	18,7	65
Иваново	-12,0	90	18,8	71	Страны ближнего зарубежья				
Иркутск	-20,9	85	17,2	72	Алматы	-8,6	87	22,1	56
Казань	-13,6	86	19,9	63	Астана	-17,0	85	20,3	59
Калуга	-9,7	89	18,4	68	Ашхабад	-0,4	86	29,6	41
Киров	-15,1	86	18,1	71	Баку	3,4	82	25,3	65
Краснодар	-2,1	90	23,7	67	Ереван	-5,8	89	25,0	50
Красноярск	-18,2	81	19,3	72	Киев	-6,0	89	19,3	69
Курск	-9,3	88	19,4	67	Кировоград	-5,8	88	20,9	60
Москва	-10,8	88	18,0	70	Кутаиси	-4,4	75	23,8	73
Новгород	-8,4	88	17,6	78	Минск	-6,8	88	17,5	78
Н. Новгород	-12,2	89	19,4	68	Николаев	-4,0	88	23,1	68
Новороссийск	-2,0	75	23,6	68	Одесса	-3,1	88	22,6	61
Новосибирск	-19,3	83	18,7	59	Севастополь	2,0	83	23,3	68
Омск	-19,6	85	19,1	70	Ташкент	-1,3	81	26,8	46
Орел	-9,5	92	18,6	77	Тбилиси	-0,1	80	24,6	51
Пенза	-12,5	85	20,0	66	Уральск	-14,0	85	23,5	47
Пермь	-16,0	84	18,0	72	Харьков	-7,7	88	20,3	65

Таблица П.5. Площадь свободного сечения перед секциями аппарата

Тип аппарата	Длина трубы, м	Площадь свободного сечения, $F_{\text{св}}, \text{м}^2$	
		при $\varphi=9$	при $\varphi = 14,6$
АВМ	1,5	1,73	1,65
	3	3,46	3,3
АВГ	4	14,65	14,6
	8	30,2	30,0
АВЗ	6	43,8	42,6